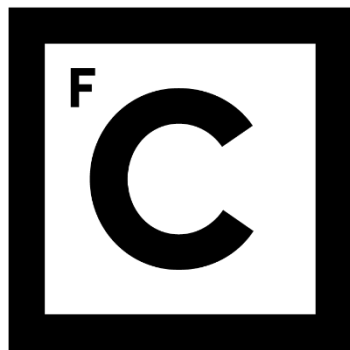


UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**Ciências
ULisboa**

**Contribuição para uma estratégia de conservação de
Alouatta ululata, nordeste do Brasil**

Antonio Robério Gomes Freire Filho

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação orientada por:
Doutor Jorge M. Palmeirim

2016

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a minha namorada, Gabriela Linhares, por toda a ajuda prestada durante estes dois anos de mestrado e por se propor a iniciar essa aventura. Também quero agradecer minha família, principalmente, mãe (Maria das Dores), pai (Antonio Robério) e irmã (Raysa Gomes) pelo auxílio nos momentos mais complicados desta caminhada.

Aos colegas do mestrado em Biologia da Conservação 14/15, uns estiveram mais próximos do que outros, principalmente, no segundo ano, com destaque para Ana Coelho, Diogo Amaro, Emanuel Dias (Emanuel Bissau), Francisco Aguilar (Chico) e Mohamed Henriques.

Aos professores que fazem parte do mestrado, que contribuíram diretamente com o meu aprendizado e conhecimento ao longo do curso, especialmente, o professor Francisco Andrade pela ajuda com as ferramentas de detecção remota e o professor Rui Rebelo pela disponibilidade de sempre.

As amigas que surgiram durante os anos em Lisboa, que de alguma maneira emanaram energias positivas para que tudo ocorresse da melhor maneira.

Gostaria de agradecer ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB/ICMBio), na figura do Dr. Marcos Fialho, que me ajudou disponibilizando parte dos dados desta pesquisa.

Agradecimento especial ao Thieres Pinto (Bocão) pelas ideias propostas sobre o tema da dissertação e pelo o inestimável apoio no trabalho de campo.

Por último, e não menos importante, agradeço ao Dr. Jorge Palmeirim (meu orientador), a pessoa que conseguiu organizar minhas ideias ao longo de todo o processo e propor novos rumos para o trabalho.

RESUMO

Alouatta ululata, conhecida como a guariba da Caatinga ou capelão, é uma espécie endêmica do nordeste do Brasil. A maior parte da sua área de distribuição está na Caatinga e em parte do Cerrado, entre os estados do Ceará, Piauí e Maranhão. *Alouatta ululata* é uma espécie ameaçada de extinção, a destruição e a fragmentação do habitat e a caça são suas principais ameaças. A guariba da Caatinga é uma espécie pouco estudada, pouco se sabe sobre a sua ecologia, o comportamento, o número de populações existentes e as áreas importantes para a sua conservação. Isto dificulta a criação e implementação de planos para a conservação da espécie. O presente estudo teve como objetivo geral identificar as principais áreas para a conservação de *A. ululata* e propor medidas para a preservação desta espécie, tendo em consideração as Unidades de Conservação (UCs) já existentes. Para tal, foi construído um modelo de distribuição potencial através do programa *Maxent*, utilizando pontos de presença da espécie recolhidos na região noroeste do estado do Ceará, Brasil e pontos disponibilizados pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB/ICMBio). Em seguida, o mapa com as áreas com habitat adequado para a espécie foi analisado com uma *layer* de “custo” (resultante da soma da densidade populacional humana, zona de influência de estradas e áreas antrópicas) com o programa *Zonation*. Por último, o resultado foi relacionado com as áreas das atuais Unidades de Conservação e foi identificado onde ocorreu mais perda de cobertura arbórea entre os anos de 2000 e 2014. O mapa resultante das análises no *Maxent* demonstrou um bom resultado ($AUC = 0,939$) e foi possível identificar quais variáveis ambientais influenciam na distribuição da espécie: percentagem de cobertura arbórea (valores mais elevados aumentam a probabilidade de presença da espécie), índice de aridez (valores intermédios aumentam a probabilidade de presença da espécie), precipitação do mês mais seco (valores menores influenciam a probabilidade de presença da espécie) e sazonalidade da precipitação (valores mais elevados aumentam a probabilidade de presença da espécie). Foram determinadas quatro áreas mais relevantes para a conservação de *A. ululata* através do *Zonation*: (1) a região de mangal (Delta do rio Parnaíba) entre os estados do Maranhão e Piauí (Mangal); (2) a região noroeste do Ceará (a serra da Ibiapaba e outros enclaves úmidos) e parte da região norte do Piauí (Enclaves); (3) uma área inserida completamente na Caatinga do norte do Piauí (Caatinga); e (4) um conjunto de áreas mais a noroeste do Piauí, na divisa com o estado do Maranhão (Divisa). Apesar dos estudos realizados para mapear as populações da guariba da Caatinga, existem áreas com habitat potencialmente adequados para a espécie sobre as quais não há informações de presença atual. Parte das áreas mais importantes para a conservação da espécie estão localizadas em UCs já existentes. Todavia, sete das nove UCs que protegem estas áreas permitem o uso dos recursos naturais (Unidades de Uso Sustentável), o que afeta diretamente a qualidade do habitat da espécie. A perda de cobertura arbórea entre 2000-2014 é dispersa por todas as áreas importantes para a conservação da espécie, incluindo UCs. Importante salientar que esta perda de cobertura arbórea não ocorreu nas Unidades de Conservação de

Proteção Integral. Além disso, as áreas importantes para a conservação Caatinga (área com maior número de registro da espécie) e Divisa estão praticamente desprotegidas de UCs. É, portanto, necessária a implementação de medidas para mitigar as principais ameaças para a preservação *A. ululata* (isto é, a caça ilegal e perda de habitat) nas áreas mais importantes para a conservação da espécie através de melhorias nas Unidades de Conservação existentes e da criação de novas Unidades de Conservação.

Palavras-chave: Primatas, Modelos de distribuição, Unidades de Conservação

ABSTRACT

Alouatta ululata known as Caatinga howler monkey or Capelão, is an endemic species of northeastern Brazil. Most of its geographic range is in the Caatinga biome but a smaller part of it is in the Cerrado, across the states of Ceará, Piauí and Maranhão. *Alouatta ululate* is an endangered species, and the habitat loss and fragmentation as well as poaching are its main threats. The Caatinga howler monkey is a poorly studied species and little is known about its ecology, behavior and most important areas for its conservation. This is a handicap for the design and implementation of conservation plans for the species. The principal goal of this study was to identify the potentially most important areas for *A. ululata* conservation and propose actions to preserve of the species, taking into consideration the conservation areas. A potential species distribution model was generated with the *Maxent* software, using presence points of the species obtained in the northwest of Ceará state and points made available by The National Center for Research and Conservation of Brazilian Primates (CPB/ICMBio). The map with potential suitable habitat to the species was then analyzed with a conservation a conservation cost layer (incorporating population density, influence of roads and anthropic areas) using the *Zonation* software. Finally, the result was overlaid with the current protected areas and with a map of the loss of tree cover between 2000 and 2014. The map generated by *Maxent* had a high AUC (AUC= 0,939) and the analyses allowed the identification of the environmental variables most likely to have an influence on species distribution: tree cover percentage (higher values increase the probability of presence of species), aridity index (intermediate values increase the probability of presence of species), precipitation of driest month (smaller values increase the probability of presence of species) and precipitation seasonality (higher values increase the probability of presence of species). Four areas that are particularly relevant for the conservation of *A. ululata* were identified by *Zonation* analysis: (1) region of mangrove (The Parnaíba river delta), between Maranhão and Piauí state (Mangal); (2) Northwest Ceará (Ibiapaba mountain and others Caatinga forest enclaves) and part of north Piauí (Enclaves); (3) an area completely inserted in the Caatinga of the northern Piauí (Caatinga); and (4) a set of the areas in the northwest of Piauí in the border with Maranhão state (Divisa). Despite studies conducted to map the populations of the Caatinga howler monkeys, there are areas with potentially suitable habitat to the species for which there is no information about current its presence. Part of the most important areas for the conservation of the species are located in existing protected areas. However, seven of the nine protected areas currently allow the use of the natural resources directly affecting the quality of the species habitat. The forest cover loss between 2000-2014 is dispersed by all important areas for the conservation of the species, including protected areas. Important to note that this forest cover loss was not observed in the conservation units with integral protection. Furthermore, the important areas for the conservation Caatinga (area with the biggest number of records of the species) and Divisa are almost unprotected by protected areas. It is thus necessary to implement measures to mitigate the main threats

to the *A. ululata* preservation (i.e. poaching and loss habitat) in these areas by improvements in existing conservation units and the creation of the new conservation units.

Key words: Primates, Distribution models, Conservation units

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| RESUMO | III |
| ABSTRACT | V |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 ASPECTOS GERAIS DE <i>ALOUATTA ULULATA</i> | 1 |
| 1.2 ONDE VIVE <i>ALOUATTA ULULATA</i> ? | 4 |
| 1.3 MODELAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE ESPÉCIES | 5 |
| 1.4 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO | 6 |
| 1.5 OBJETIVO | 7 |
| 1.5.1 Objetivo geral | 7 |
| 1.5.2 Objetivos específicos | 7 |
| 2. MÉTODOS | 9 |
| 2.1 ÁREA DE ESTUDO | 9 |
| 2.2 RECOLHA DE DADOS | 9 |
| 2.3 MODELO DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL | 12 |
| 2.4 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS IMPORTANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE <i>ALOUATTA ULULATA</i> | 15 |
| 2.5 PERDA DE COBERTURA ARBÓREA | 17 |
| 3. RESULTADOS | 18 |
| 3.1 DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E VARIÁVEIS AMBIENTAIS | 18 |
| 3.2 ÁREAS MAIS IMPORTANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE <i>ALOUATTA ULULATA</i> | 24 |
| 3.3 PERDA DE COBERTURA ARBÓREA | 28 |
| 4. DISCUSSÃO | 30 |
| 4.1 DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E VARIÁVEIS AMBIENTAIS | 30 |
| 4.2 ÁREAS MAIS IMPORTANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE <i>ALOUATTA ULULATA</i> | 33 |
| 4.3 PERDA DE COBERTURA ARBÓREA | 35 |
| 4.4 PROPOSTAS PARA A CONSERVAÇÃO DE <i>ALOUATTA ULULATA</i> | 36 |
| REFERÊNCIAS | 38 |
| ANEXOS | 46 |

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 - Mapa da área de estudo, evidenciando as regiões onde foram realizadas a recolha de dados | 11 |
| Figura 3.1 - Mapa ilustrando as áreas com habitat adequado para a espécie com o ponto de corte de 70%, resultante das análises do Maxent..... | 19 |
| Figura 3.2 - Mapa de pontos de registro e relato da espécie, juntamente com as áreas com habitat adequado (ponto de corte de 70%). Em detalhe, as áreas de recolha de novas informações de <i>Alouatta ululata</i> (Uruoca, Senador Sá e Moraújo (USM) e Santana do Acaraú e Morrinhos (SM)), a área da Serra da Meruoca e a Serra da Ibiapaba. . | 20 |
| Quadro 3.3 - Resultados das análises no Maxent, os valores sublinhados representam os quatro melhores resultados para cada método..... | 21 |
| Figura 3.4 - Gráficos de relações univariadas resultantes das análises realizadas no Maxent demonstrando a relação entre cada variável e a probabilidade de presença da espécie | 22 |
| Figura 3.5 - Mapa evidenciando as quatro grandes áreas definidas como mais importantes para a conservação de <i>Alouatta ululata</i> : Mangal, Enclaves, Caatinga e Divisa. | 25 |
| Figura 3.6 - Áreas importantes para a conservação de <i>Alouatta ululata</i> com três diferentes graus de dispersão: (1) 3 km; (2) 6 km; e (3) 9 km. Estes mapas mostram quais são as áreas mais relevantes para a conservação quando se pretende conservar 5%, 10%, 15% ou 20% de toda a área de estudo. | 26 |
| Figura 3.7 – Unidades de Conservação sobrepostas às áreas mais importantes para a conservação em diferentes graus de dispersão, (1) 3 km, (2) 6 km e (3) 9 km. Em tais mapas podem ser observados em quais regiões estão concentradas as Unidades de Conservação. | 27 |
| Figura 3.8 – Áreas onde ocorreram perda de cobertura arbórea entre 2000 e 2014. (A) Mapa com as áreas mais importantes para a conservação (grau de dispersão de 6 km); (B) Detalhe da região noroeste do Ceará e norte do Piauí com a perda de cobertura arbórea; (C) Detalhe da perda de cobertura arbórea na região de divisa entre o Maranhão e o Piauí..... | 29 |
| Anexo 1 - Típica moradia do semiárido cearense | 46 |
| Anexo 2 - <i>Alouatta ululata</i> na natureza | 46 |
| Anexo 3 - Mapa do Brasil com os limites de cada bioma brasileiro | 47 |
| Anexo 4 - Mapa resultante das análises do Maxent, demonstrando quais áreas apresentam melhores habitats para a espécie em uma escala de 0 a 100% | 47 |
| Anexo 5 - Mapa das principais áreas para a conservação de <i>Alouatta ululata</i> com grau de dispersão de 3 km. | 47 |
| Anexo 6 - Mapa das principais áreas para a conservação de <i>Alouatta ululata</i> com grau de dispersão de 6 km. | 47 |
| Anexo 7 - Mapa das principais áreas para a conservação de <i>Alouatta ululata</i> com grau de dispersão de 9 km. | 47 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS DE *ALOUATTA ULULATA*

Alouatta ululata faz parte da família Atelidae, composta pelos maiores primatas neotropicais e constituída por quatro gêneros *Ateles*, *Brachyteles*, *Lagothrix* e *Alouatta*, todos presentes no território brasileiro (Bicca-Marques, Silva, & Gomes, 2006; Groves, 2001; Strier, 1992).

O gênero *Alouatta*, cujas espécies são popularmente conhecidas como guariba, bugio, barbado ou macaco uivador, tem uma ampla distribuição geográfica na região Neotropical, ocorrendo desde o estado de Vera Cruz, no México, até Corrientes, no norte da Argentina (Bicca-Marques et al., 2006; Crockett, 1998; Strier, 1992). Não há registros de populações do gênero na região transandina do Perú, Bolívia ou Chile, exceto no Equador e no oeste da Colômbia (Gregorin, 2006).

As guaribas são animais grandes, com o comprimento total da cabeça e corpo entre 420 e 630 mm e a cauda entre 485 a 690 mm. Os machos adultos são normalmente mais pesados que as fêmeas adultas, caracterizando um dimorfismo sexual (Bicca-Marques et al., 2006). O osso hioide (estrutura que funciona como uma caixa de ressonância, auxiliando a vocalização dos animais, rugido ou ronco, características que deram origem ao nome comum da espécie em inglês, *howler monkey* ou macaco uivador) também é maior nos machos adultos (Gregorin, 2006; Ravosa & Ross, 1994). O gênero *Alouatta* também apresenta uma espessa barba e uma cauda preênsil, característica comum a todos os gêneros pertencentes a família Atelidae (Bicca-Marques et al., 2006).

Os grupos sociais das espécies brasileiras de *Alouatta* são compostos por, no máximo, quatro fêmeas adultas e um menor número de machos adultos, além de indivíduos subadultos, jovens e infantis (Bicca-Marques et al., 2006; Calegario-Marques & Bicca-Marques, 1996; Miranda & Passos, 2005). Tanto machos como fêmeas podem migrar do seu grupo natal quando se aproximam da maturidade sexual (Calegario-Marques & Bicca-Marques, 1996). Quando o macho dominante é expulso por outro macho, pode ocorrer infanticídio dos filhotes dependentes, o que normalmente induz o cio nas mães (Crockett, 2003).

A dieta de *Alouatta* é classificada como folívoro-frugívora, mas também se alimentam de flores, caules, cascas e líquenes (Bicca-Marques & Calegario-Marques, 1995; Bicca-Marques et al., 2006; Bonvicino, 1989; Chapman, 1988; Chiarello, 1994; Crockett, 1998; Mendes, 1989; Miranda & Passos, 2004; Strier, 1992) e, em alguns casos, consomem plantas exóticas (Bicca-Marques & Calegario-Marques, 1994; Bicca-Marques & Calegario-Marques, 1995). Tais características fazem com que a guariba tenha uma dieta eclética e adaptável a diferentes condições ambientais (Bicca-Marques & Calegario-Marques, 1994; Bicca-Marques et al., 2006; Miranda & Passos, 2004). De acordo com Horwich (1998) *Alouatta* é o gênero de primata do novo mundo que melhor se adapta às alterações ambientais devido a sua dieta mais generalista e oportunista. *Alouatta* consegue sobreviver em

fragmentos florestais, habitat modificado e próximo de populações humanas se não houver uma grande pressão de caça nestas regiões (Bicca-Marques, 2003; Crockett, 1998). No entanto, as doenças transmissíveis entre os seres humanos e os primatas não humanos são uma grande ameaça para as populações que habitam ambientes modificados (Marsh et al., 2003).

De acordo com Strier (1992), dentro da família Atelidae, o gênero *Alouatta* está entre os primatas neotropicais que mais se alimentam de folhas. Esta estratégia alimentar influencia a ecologia e o comportamento das espécies de *Alouatta*, que apresentam o tamanho corpóreo menor, período de atividade diário mais curto (passam muito tempo descansando), área vital menor, grupos menores e são mais coesos que os outros atelídeos (Strier, 1992).

Apesar do gênero *Alouatta* se alimentar majoritariamente de folhas, Pinto & Setz (2004), por exemplo, confirmaram um consumo maior de frutos por parte do *A. belzebul* e, em outros estudos, também foi observado o consumo de frutos por outras espécies do gênero *Alouatta* (Bonvicino, 1989; Dunn, Cristóbal-Azkarate, & Veá, 2009; Julliot, 1996; Santos, Bianchini, & Reis, 2013; Souza, Ferrari, Costa, & Kern, 2002). Tal comportamento faz das guaribas importantes agentes dispersores de sementes (Chiarello, 1994; Estrada & Coates-Estrada, 1984; Liesenfeld, Semir, & Santo, 2008; Marques, Rylands, & Schneider, 2008), sendo animais que prestam um serviço fundamental para as relações ecológicas do meio ambiente que habitam.

A taxonomia do gênero *Alouatta* é motivo de discussão entre os pesquisadores, mas atualmente a classificação proposta por Gregorin (2006), através de comparações morfológicas (quando necessário também foram consultados dados citogenéticos e moleculares), é a mais utilizada. Nesta classificação, o autor identificou 10 espécies do gênero presentes no Brasil: *A. caraya* (Humboldt 1812), *A. belzebul* (Linnaeus 1766), *A. discolor* (Spix 1823), *A. ululata* (Elliot 1912), *A. fusca* (Geoffroy Saint-Hilaire 1812), *A. clamitans* (Cabrera 1940), *A. juara* (Elliot 1910), *A. macconelli* (Linnaeus 1766), *A. nigerrima* (Lonnberg 1941) e *A. puruensis* (Lonnberg 1941). Anteriormente, a espécie *A. ululata* era considerada uma subespécie de *A. belzebul*. Todavia, *A. ululata* habita uma região com características ambientais únicas e contém aspectos taxonômicos distintos não registrados em qualquer espécie filogeneticamente relacionada, *A. belzebul* ou *A. discolor*, além da ausência de registros de hibridização entre estas espécies (Gregorin, 2006).

Alouatta ululata, conhecida popularmente como a guariba da Caatinga ou capelão, é uma espécie endêmica do nordeste do Brasil, considerada ameaçada de extinção (Ferreira, Pinto, Fialho, & Laroque, 2016; Oliveira, Ferreira, Mota, & Soares, 2007; Oliveira & Kierulff, 2008). A maior parte da área de distribuição desta espécie está dentro da Caatinga e em parte do Cerrado. O limite leste de sua distribuição é o município de Humberto de Campos no Maranhão, o ponto mais ao norte da área é a região do delta do rio Parnaíba no Piauí, o registro mais oeste é o município de Acopiara no Ceará e o limite sul da área fica próximo ao município de Nazaré do Piauí (Ferreira et al., 2016; Oliveira et al., 2007; Oliveira & Kierulff, 2008). Atualmente, as populações estão em declínio devido à destruição e fragmentação do habitat, ainda que tenha alguma resiliência à fragmentação, e à caça (Ferreira et al.,

2016; Oliveira et al., 2007; Oliveira & Kierulff, 2008). É a espécie do gênero *Alouatta* menos conhecida; pouco se sabe sobre a sua ecologia, comportamento, número de populações existentes e áreas importantes para a sua conservação, o que dificulta a preparação e implementação de planos para a conservação da espécie.

Um estudo realizado por Pinto & Roberto (2011) teve como objetivo compreender o estado atual de conservação da espécie, ao analisar a relação desta com a população humana, além de abordar aspectos ecológicos e comportamentais. Tal estudo identificou doze propriedades locais com grupos de guariba (distribuídos em três municípios do estado do Piauí), dentre as quais oito proprietários sinalizaram a intenção de criar reservas particulares nas suas terras.

No trabalho desenvolvido por Oliveira et al. (2007) foi feito um mapeamento das áreas de ocorrência de populações de *A. ululata* no estado do Ceará. Através de entrevistas com os moradores das comunidades locais, foram identificados indícios de ocorrência da espécie em 19 localidades. Destas, quatro áreas foram confirmadas e dez grupos foram registrados (nove por vocalização e um por avistamento).

Atualmente, os trabalhos sobre a área de distribuição da espécie e identificação de localidades com populações continuam sendo realizados. Nos últimos anos a distribuição conhecida se ampliou para o sul, tendo sido identificados registros de vocalização e avistamento de populações desconhecidas. Além disto, está sendo produzido um documento que avalia o risco de extinção de *A. ululata*. Tais estudos foram realizados pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB/ICMBio), mas ainda não foram publicados. Contudo, ainda são poucos os estudos sobre esta espécie. Identificar quais são os fatores bioclimáticos que influenciam a distribuição da espécie, localizar áreas de distribuição ainda desconhecidas, mensurar o grau de conexão entre os fragmentos na sua área de distribuição e identificar áreas importantes para a sua conservação são pontos chave para a conservação da guariba da Caatinga.

Um fator importante a ser discutido são os processos de especiação que levaram ao surgimento de *A. ululata*. A Teoria dos Refúgios proposta por Vanzolini & Williams (1981) poderia ser uma explicação para a diferenciação desta espécie. Tal teoria, proposta para explicar a diversidade de espécies da Floresta Amazônica, poderia elucidar a atual manutenção de populações de *A. ululata* nos enclaves úmidos (principalmente no estado do Ceará) após o regresso da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica que cobriam todo o Ceará. Estes enclaves e/ou outras regiões mais húmidas do Piauí e do Maranhão podem ter servido como refúgios para populações de *A. belzebul* que se adaptaram às características da região do semiárido e originaram *A. ululata*. *Alouatta belzebul* é o táxon de *Alouatta* que apresenta maior variação fenotípica de acordo com Gregorin (2006). Esta espécie possui uma grande variação de coloração e de tamanho entre indivíduos de diferentes regiões, podendo ser um reflexo das características ambientais únicas de cada lugar.

Todavia, a Teoria dos Refúgios apresenta pontos que foram questionados por Bush & Oliveira (2006) principalmente no que se refere aos dados paleoecológicos (polén fossilizado) da região. Os

autores defendem que esta teoria não é aplicável quando tais informações da região Amazônica são levadas em consideração.

Damasceno et al. (2014) realizaram uma revisão desta teoria e propõem um método para avaliá-la. Este estudo indica outros processos que podem ser responsáveis pela biodiversidade, especiação parapátrica e peripátrica. Para além disto, constata-se que as análises ambientais, genéticas e fenotípicas são essenciais para avaliar se determinado acontecimento é resultante dos processos estabelecidos pela Teoria dos Refúgios ou se é derivado de um outro processo de especiação. Tais análises poderiam ser aplicadas para compreender qual foi o mecanismo de especiação e como poderia ter originado *A. ululata*.

1.2 ONDE VIVE *ALOUATTA ULULATA*?

Como referido anteriormente, *Alouatta ululata*, a guariba da Caatinga, é uma espécie endêmica do nordeste brasileiro, estando presente principalmente na Caatinga e Cerrado.

O nordeste do Brasil contém uma população de cerca de 53 milhões de pessoas e é composto pelos estados do Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Abrange quatro importantes biomas: Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga e Floresta Atlântica.

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro e possui uma área de cerca de 800.000 km² (representado cerca de 11% de todo o território brasileiro), equivalendo a aproximadamente 70% do nordeste do país. Tal bioma pode ser encontrado nos seguintes estados: Ceará (100%), Rio Grande do Norte (95%), Paraíba (92%), Pernambuco (83%), Piauí (63%), Sergipe (49%), Alagoas (48%), e pequenas porções no Maranhão (1%) e Minas Gerais (2%). A Amazônia e a Mata Atlântica, respetivamente, são os limites leste e oeste da Caatinga e o Cerrado corresponde ao limite sul (Leal, Silva, Tabarelli, & Lacher, 2005; MMA/IBAMA, 2011; Prado, 2003).

A palavra “Caatinga” é de origem Tupi e significa “mata branca”, termo utilizado pelos povos nativos para referir principalmente o período mais seco do ano, quando a vegetação perde quase todas as suas folhas e a paisagem de troncos esbranquiçados e brilhantes predomina na região (Leal et al., 2005; Prado, 2003). A Caatinga é caracterizada por apresentar um regime de chuvas concentradas em poucos meses do ano. Em algumas regiões mais secas, por exemplo, em sete dos 11 meses do ano não há chuvas. A precipitação média anual na Caatinga pode variar entre 240 e 1.500 mm, sendo que mais da metade das regiões recebem menos de 750 mm de precipitação e algumas regiões mais centrais menos de 500 mm (Leal et al., 2005; Prado, 2003). O bioma é caracterizado por apresentar aspectos meteorológicos extremos, nomeadamente: altos níveis de radiação solar, altas temperaturas médias anuais, baixo grau de nebulosidade, baixas taxa de umidade relativa, elevado potencial de evapotranspiração e baixos e irregulares níveis de precipitação (Reis, 1976).

A Caatinga perdeu grande parte do seu componente arbóreo mais robusto no início da colonização do Brasil. Estas florestas de porte mais robusto foram retiradas para a construção de casas,

cercas e fazendas de gados logo após a chegada dos colonizadores europeus, no início do século XVI. Atualmente, a Caatinga arbórea é esparsa, fragmentada e localizada, tendo sido substituída por uma vegetação predominantemente arbustiva, ramificada e espinhosa, dominada por euforbiáceas, bromeliáceas e cactáceas (Leal et al., 2005).

Por muito tempo a Caatinga foi considerada um bioma pobre, com poucas espécies endêmicas e um subconjunto da fauna do Cerrado, sendo um bioma com pouca importância para a conservação (Mares, Willig, & Lacher, 1985). Contudo, nos últimos anos, muitos estudos demonstram um considerável nível de endemismo para a região, o que faz deste um bioma muito importante para a manutenção da biodiversidade (Castelletti, Silva, Tabarelli, & Santos, 2004; Oliveira, Gonçalves, & Bonvicino, 2003). Apesar da sua importância, a Caatinga continua sendo um bioma pouco explorado em termos de investigação científica e com pouco conhecimento gerado, apresentando um número muito pequeno de artigos publicados em revistas internacionais (Santos et al. 2011).

Apesar de *A. ululata* ser conhecida como a guariba da Caatinga, esta espécie de primata também habita o Cerrado, outro bioma tipicamente brasileiro. O Cerrado é considerado o segundo maior bioma do Brasil, ocupando cerca de 22% do território nacional (2.036.448 km²), perdendo em tamanho apenas para a Amazônia (MMA-Ministério do Meio Ambiente, 2016a). Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal são os estados que contêm parte dos seus territórios inseridos no Cerrado (MMA-Ministério do Meio Ambiente, 2016a). Por definição, o bioma Cerrado é composto por um conjunto de ecossistemas (savanas, campos, matas e matas de galeria) que ocorrem na região central do Brasil. O clima predominante no Cerrado é estacional, onde há um período chuvoso, que vai de outubro até março, e um período seco, de abril até setembro, com precipitação média anual de cerca de 1.500 mm e temperaturas variando entre 22°C e 27°C em média (Klink & Machado, 2005).

O Cerrado é considerado um importante *hotspot* de biodiversidade. Apesar desta importante característica o bioma é considerado a última fronteira agrícola do planeta, perdendo grande parte de sua cobertura natural para as plantações de pastagens para alimentação do gado (cerca de 41,56% de todo o bioma) e de monoculturas (e.g. soja) (cerca de 11,35%). 55% do bioma já foi desmatado e/ou transformado pela ação antrópica (Klink & Machado, 2005).

1.3 MODELAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO PONTENCIAL DE ESPÉCIES

A modelação preditiva de distribuição é uma ferramenta que busca identificar áreas com habitat potencialmente adequado para uma espécie, sendo uma ferramenta muito importante em vários ramos de estudos biológicos, tais como: biogeografia, conservação (e.g. criação de planos de conservação e manejo de reservas), ecologia, evolução, epidemiologia, manejo de plantas invasoras, entre outros (Anderson, Lew, & Peterson, 2003; Phillips, Anderson, & Schapire, 2006). Para a construção dos modelos são utilizados dados de presença ou de presença-ausência da espécie. Tais dados servem como

base para caracterizar o tipo ambiente habitado pelo ser vivo estudado. Contudo, muitos estudos utilizam apenas pontos de presença, por exemplo, trabalhos com dados recolhidos em museus ou herbários e estudos com espécies pouco conhecidas (com poucos registros de distribuição) (Campos & Jack, 2013; Graham, Ferrier, Huettman, Moritz, & Peterson, 2004; Ponder, Carter, Flemons, & Chapman, 2001). Os dados referentes à ausência da espécie ainda são raramente encontrados, principalmente para espécies tropicais pouco estudadas (Anderson, Peterson, & Gomez-Laverde, 2002; Ponder et al., 2001). Para além disto, os dados referentes a ausência da espécie podem representar valores questionáveis em muitas situações (Anderson et al., 2003).

As informações referentes aos pontos são combinadas com dados ecológicos e/ou com variáveis ambientais que possam explicar a distribuição da espécie (e.g. temperatura, altitude, precipitação, vegetação e declividade do terreno). Esta combinação resulta num mapa da área de estudo identificando a distribuição geográfica potencial da espécie (Anderson et al., 2003).

O *Maxent* (Phillips et al., 2006) é um exemplo de programa utilizado para a construção de modelos de distribuição potencial de espécies. É caracterizado por usar um método baseado na máxima entropia (distribuição mais próxima da uniforme e com maior grau de similaridade tendo em consideração restrições preestabelecidas) e inferência *bayesiana* para gerar predições e ilações a partir de informações incompletas (Phillips et al., 2006). Utiliza apenas informações de presença (pontos de presença da espécie) para estimar a probabilidade de distribuição da espécie estudada.

Além do *Maxent* existem outros programas para construir modelos de distribuição, nomeadamente, *Biomapper* (Hirzel, Hausser, & Perrin, 2009), *Biomod* (Thuiller, Lafourcade, Engler, & Araújo, 2009), *Garp* (Stockwell & Peters, 1999), *Presence*, *GDM*, *GRASP* (Aiex, Resende, & Ribeiro, 2002; Festal & Resende, 2002).

1.4 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO

O desenvolvimento tecnológico dos últimos anos influenciou fortemente a criação de novos métodos relacionados a identificação e elaboração de ferramentas direcionadas à conservação ambiental. Um dos principais exemplos destes novos desenvolvimentos são os programas criados para apoiar a elaboração de planos de conservação (Leathwick, Julian, & Francis, 2006; Leslie, Ruckelshaus, Ball, Andelman, & Possingham, 2003; Margules & Pressey, 2000; Moilanen, 2013). Estes programas são ferramentas para identificar alternativas de estratégias de planeamento do uso da terra e conservação da biodiversidade (Baldwin, Scherzinger, Lipscomb, Mockrin, & Stein, 2014; Margules & Pressey, 2000). Estas ferramentas foram classificadas por Baldwin et al. (2014) em cinco categorias: (1) Seleção de reservas; (2) Conectividade do habitat; (3) Modelos de distribuição de espécies e viabilidade; (4) Ameaças; e (5) Previsão Climática.

A identificação de áreas prioritárias para a conservação não considera apenas o estabelecimento e/ou identificação de áreas protegidas. Este processo também localiza áreas dedicadas a outras atividades

de conservação, podendo variar desde manejos de fogos e controle de espécies invasoras até a restauração da terra (Wilson, Cabeza, & Klein, 2009). A identificação de áreas prioritárias para a conservação é um processo que utiliza análises espaciais quantitativas para identificar locais para investir na conservação ambiental. Tal processo é uma ferramenta que objetiva a alocação eficaz dos recursos limitados à conservação, tendo em consideração a preservação ambiental e o uso da terra, sendo mais sistemático, rigoroso e responsável (Margules & Pressey, 2000; Merow, Smith, & Silander Jr, 2013; Moilanen, 2013; Moilanen et al., 2011; Nelson et al., 2009; Sirkiä, Lehtomäki, Lindén, Tomppo, & Moilanen, 2012; Wilson et al., 2009).

Atualmente, existe uma variedade de abordagens e programas dedicados à identificação de áreas prioritárias e alocação de recursos para a conservação, nomeadamente, *Marxan* (Watts et al., 2009), *C-Plan* (Pressey, Watts, Barrett, & Ridges, 2009), *ConsNet* (Sarkar et al., 2006), *SITES* (Fischer & Church, 2005) e *Zonation* (Moilanen et al., 2005, 2011).

O programa *Zonation* tem como principal objetivo identificar cenários com áreas mais adequadas à criação de reservas, áreas prioritárias para a conservação. O *Zonation* inicia as análises tendo como ponto de partida uma imagem completa de uma área. A partir de variáveis pré-determinadas informadas ao programa ele seleciona nesta imagem as áreas mais relevantes para a conservação, gerando um mapa com a identificação visual desta informação. Tal método gera uma espécie de hierarquia no mapa resultante, podendo identificar de toda a paisagem, por exemplo, os 5% ou 10% mais importantes para a conservação (Leathwick et al., 2006; Moilanen, 2013; Moilanen et al., 2005, 2011; Moilanen & Arponen, 2011; Moilanen & Wintle, 2007). Para além disto, este método de remoção possibilita uma redução significativa no tempo de processamento dos dados, viabilizando a utilização de paisagens extremamente grandes (Moilanen et al., 2005).

1.5 OBJETIVO

1.5.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo geral identificar as principais áreas para a conservação de *A. ululata* e propor medidas para a preservação da espécie, tendo em consideração as Unidades de Conservação já existentes.

1.5.2 Objetivos específicos

- Construir um modelo de distribuição potencial para *A. ululata*;
- Identificar quais são as principais variáveis ambientais que influenciam a distribuição da espécie;
- Identificar as áreas potencialmente mais adequadas à conservação de *A. ululata*;

-Avaliar a adequabilidade das atuais Unidades de Conservação para a manutenção das principais áreas para a conservação da espécie;

- Avaliar a pressão da perda de cobertura arbórea sobre as principais áreas para a conservação de *A. ululata*;

- Propor medidas para a conservação da espécie com base nos resultados obtidos.

2. MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo trabalhada tem aproximadamente 222.016 km² e corresponde à provável totalidade da área de distribuição de *A. ululata*. A espécie está distribuída majoritariamente no nordeste do Brasil, entre o noroeste do estado do Ceará, norte do Piauí e norte do Maranhão. A área do presente estudo compreendeu 257 municípios brasileiros, tendo como limite leste o município de Humberto Campos no Maranhão, oeste o município de Acopiara no Ceará, norte o delta do rio Parnaíba e ao sul o município de Pavussu no Piauí (Figura 2.1).

Esta área está inserida em grande parte no bioma da Caatinga e em menor parte no Cerrado (Oliveira et al., 2007; Oliveira & Kierulff, 2008). Na divisa entre os estados do Piauí e do Maranhão a espécie pode ser encontrada em áreas que mesclam fitofisionomias típicas de Caatinga, Cerrado e Amazônia. A presença da espécie pode estar associada a características específicas e/ou distintas de cada região.

No estado do Ceará, as guaribas estão mais restritas às áreas de enclaves úmidos. Tais ambientes apresentam melhores condições climáticas, pedológicas e hidrológicas (Souza & Oliveira, 2006; Tabarelli & Santos, 2004). Os enclaves úmidos mantêm melhores condições para o uso da terra e povoamento. Ao mesmo tempo que o declive acentuado, uma característica importante destas regiões, constitui um fator limitante para tais práticas. Portanto, áreas com declive mais acentuado são menos impactadas pelos sistemas agro-pastoris e/ou pela caça, tornando os enclaves áreas importantes para a biodiversidade (Santos, Cavalcanti, Da Silva, & Tabarelli, 2007).

As populações de *A. ululata* no estado do Piauí estão dispersas entre as áreas de manguezal do Delta do rio Parnaíba e as regiões de Caatinga e Cerrado mais ao sul da área de distribuição da espécie (Oliveira & Kierulff, 2008). No estado do Maranhão as populações habitam a região mais ao norte do estado no bioma do Cerrado, onde foi coletado o holótipo ou espécime-tipo. Estes, no Maranhão, podem ser encontrados em áreas mais abertas, regiões de transição com elevada quantidade de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. Ex. Spreng.) (Gregorin, 2006; Oliveira & Kierulff, 2008).

2.2 RECOLHA DE DADOS

Para desenvolver esta pesquisa o primeiro passo foi obter coordenadas de relato e/ou registro da espécie. Neste sentido, foram utilizados pontos de relato e registro da espécie cedidos pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB/ICMBio) (112 relatos e 20 registros) no dia 25 de janeiro de 2016, referentes a recolhas realizadas entre 2004 e 2010. Com estas informações pode-se observar onde havia mais informações sobre a espécie e decidir em quais regiões poderiam ser recolhidos mais pontos de registro e/ou relato da espécie.

Diante disto, foram realizadas entrevistas no estado do Ceará com o objetivo de identificar mais pontos de registro e/ou relato na região norte do estado (região da Serra da Ibiapaba e outros enclaves úmidos próximos) e amostrar de forma mais detalhada o habitat utilizado por *A. ululatta*. Deste modo, foi realizada uma viagem de cinco dias (de 03 a 07 de agosto de 2016) entre os municípios de Santana do Acaraú e a Serra da Ibiapaba (Figura 2.1).

Foram eleitos dois conjuntos de serras que aparentemente apresentavam ambiente favorável para a espécie. O primeiro, um conjunto de serras que está localizado entre os municípios de Santana do Acaraú e Morrinhos (SM) (Figura 2.1). O segundo também foi uma região composta pelo conjunto de serras entre os municípios de Uruoca, Senador Sá e Moraújo (USM) (Figura 2.1). Além destas duas regiões, foi percorrida grande parte da Serra da Ibiapaba, desde Viçosa do Ceará até Ipú, tendo como objetivo confirmar alguns relatos de outros estudos (Oliveira, et al., 2007) e identificar novas localidades. Durante a recolha de dados foram percorridas estradas que davam acesso a pequenas comunidades e/ou lugarejos.

As entrevistas foram direcionadas a pessoas que exerciam alguma atividade no campo (e.g. agricultores, caçadores, fazendeiros) e/ou que moravam próximos de áreas com vegetação natural. Nas abordagens tentou-se manter sempre uma conversa informal com os entrevistados, buscando perceber o conhecimento destes sobre a fauna da região.

A partir disto, as entrevistas foram sempre iniciadas com algumas perguntas sobre os animais da região, geralmente espécies bem distintas de *A. ululata*, por exemplo: caititu (*Pecari tajacu*), onça parda (*Puma concolor*) e veados (*Mazama* sp.). Tal técnica teve como objetivo identificar o conhecimento do entrevistado sobre a fauna do local. Em seguida, os entrevistados foram questionados sobre o macaco-prego (*Sapajus libidinosus*) e finalmente sobre a guariba. Durante a entrevista sempre foi pedido para o entrevistado descrever o animal e sua vocalização, a fim de confirmar se o interlocutor realmente conhecia a espécie. Para além disto, as mesmas perguntas eram feitas de formas distintas para tentar perceber se as informações fornecidas pelo entrevistado eram verdadeiras.

Finalmente, foi gerada a base de dados sobre a distribuição da espécie, ao compilar os dados obtidos através das entrevistas realizadas no norte do Ceará e as informações cedidas pelo CPB/ICMBio.

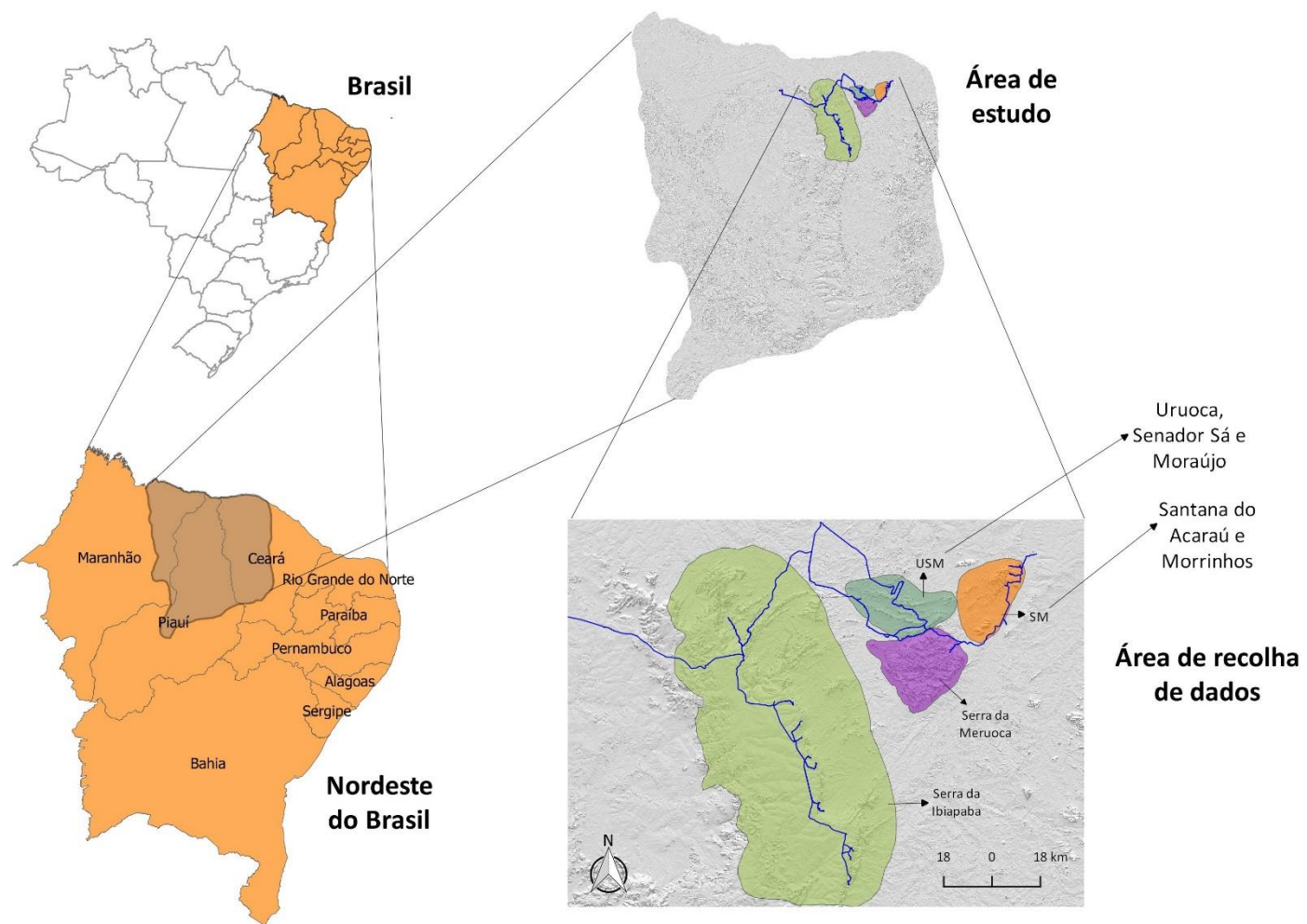


Figura 2.1 - Mapa da área de estudo, evidenciando as regiões onde foram realizadas a recolha de dados

2.3 MODELO DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL

Com o objetivo de identificar áreas com habitat adequado para a espécie e definir quais variáveis ambientais influenciam a distribuição de *A. ululata* foi construído um modelo de distribuição potencial. Para tal, foi utilizado o programa *Maxent 3.3.3.k* (Phillips et al., 2006), ferramenta esta utilizada com êxito em outras investigações semelhantes (Bean, Stafford, & Brashares, 2011; Campos & Jack, 2013; Elith et al., 2006; Elith & Leathwick, 2009; Merow et al., 2013; Pearson, Raxworthy, Nakamura, & Peterson, 2007).

O *Maxent* é um programa utilizado para realizar previsões ou inferências a partir de informações incompletas. Este é um tipo de modelo preditivo de distribuição de espécies baseado no princípio da máxima entropia (estima a distribuição mais uniforme), relacionando pontos de presença da espécie e variáveis ambientais. Tal análise resulta em um mapa de distribuição potencial com valores que indicam a adequabilidade para a espécie (Merow et al., 2013; Phillips et al., 2006; Phillips & Dudík, 2008). Esta ferramenta foi escolhida por identificar áreas com habitat adequado para a espécie tendo em consideração apenas pontos de presença.

Foi utilizada a base de dados resultante dos pontos de registro e relatos cedidos pelo CPB/ICMBio e as coordenadas obtidas na recolha de dados no campo. É importante salientar que as coordenadas que estavam em áreas que não correspondiam a ambientes naturais foram realocadas, pois alguns dos pontos de relato referiam áreas que não correspondem a um ambiente natural, por exemplo, fazendas. Desta forma, para estes pontos de relato e/ou registro foi traçado um *buffer* de 2 km (distância aproximada a que pode ser ouvida a vocalização da espécie (Drubbel & Gautier, 1993; Oliveira & Kierulff, 2008)) e um ponto foi marcado na área mais próxima com ambiente natural inserida neste *buffer*. Cada ponto realocado foi marcado com pelo menos 5 km de distância do ponto mais próximo para evitar a existência de mais de um ponto no mesmo tipo de ambiente. Pontos sem ambientes naturais dentro do raio de 2 km ou com menos de 5 km de distância de um outro ponto foram excluídos. Quando dois ou mais pontos estavam a menos de 5 km de distância aquele que continha maior quantidade de vegetação no *buffer* foi mantido. A matriz resultante desta análise foi utilizada para criar o modelo de distribuição potencial da espécie. Dos 107 pontos de presença utilizados aproximadamente 33% destes foram resultantes da realocação.

Para escolher as variáveis que poderiam ser utilizadas nas análises do *Maxent* foi levada em consideração a biologia da espécie (são animais arborícolas, que se alimentam de folhas, frutos e outros componentes vegetais) e as características ambientais do habitat utilizado pela espécie (região do semiárido brasileiro influenciada pelo regime de chuvas, apresentando uma fauna e flora muito peculiar). Diante disto, regiões com temperaturas mais amenas e com maior precipitação deverão ser áreas adequadas para a espécie no período mais crítico do ano, a seca. Durante a seca no semiárido do nordeste brasileiro grande parte da vegetação perde as suas folhas e os reservatórios de água secam consideravelmente. No entanto, algumas microrregiões mantêm um ambiente com condições menos

agressivas. Tais ambientes são muito importantes para a sobrevivência de um grande número de espécies durante este período (Ceballos, 1995; Mares et al., 1985; Silva, 2007).

Para a criação do modelo de distribuição potencial de *A. ululata* foram eleitas variáveis ambientais consideradas potencialmente relevantes para a distribuição da espécie, tendo em consideração o grau de correlação entre estas para evitar a amostragem de aspectos relacionados. Portanto, as variáveis escolhidas tinham que apresentar baixa correlação ($r < 0.50$). Foram usadas oito variáveis ambientais para a construção do modelo no *Maxent*. Todos os dados foram convertidos para o sistema de coordenadas geográficas WGS 1984 e para uma resolução espacial de 30 segundos de arco (aproximadamente 1 km). Tais modificações foram feitas usando os programas *DIVA-GIS* (Hijmans, Guarino, & Mathur, 2012), *IDRISI Selva* (Eastman, 2012) e *QGIS 2.8* (QGIS Development Team, 2016).

Dentre as variáveis bioclimáticas da base do *WorldClim 1.4* foram escolhidas a BIO14 (precipitação do mês mais seco) e a BIO15 (sazonalidade da precipitação (Coeficiente de variação)). Esta última variável representa o desvio padrão das estimativas de precipitação mensais expressas como uma percentagem da média das referidas estimativas (Hijmans et al. 2005). Ambas apresentam baixa correlação com as outras variáveis bioclimáticas e representam fatores potencialmente importantes para entender a distribuição da espécie.

A terceira variável considerada foi o índice de aridez global. Esta foi calculada levando-se em consideração os processos de evapotranspiração e o deficit de precipitação para o crescimento potencial da vegetação (Zomer et al., 2007; Zomer, Trabucco, Bossio, & Verchot, 2008), sendo um fator muito importante para o tipo de clima da região estudada.

O *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*) é uma variável obtida a partir de imagens multiespectrais que quantifica o desenvolvimento da vegetação e avalia a sua capacidade fotossintética (Myneni, Hall, Sellers, & Marshak, 1995). Este índice foi obtido utilizando imagens do sensor *MODIS* (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*). Foram utilizados dados do período mais seco do ano de 2015 do *MOD13A2*. Estes dados estão disponíveis no *Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC)*, do *U.S. Geological Survey (USGS) Earth Resources Observation and Science (EROS) Center*.

Além do *NDVI*, outras duas variáveis relacionadas com a vegetação foram usadas na construção do modelo de distribuição, a altura do dossel florestal e a percentagem de cobertura arbórea.

Os dados referente a altura do dossel florestal são disponibilizados em uma resolução espacial de 1 km e foram obtidos através das informações do *Geoscience Laser Altimeter System (GLAS)* que estava a bordo do satélite *ICESat (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite)* (Simard, Pinto, Fisher, & Baccini, 2011).

A percentagem de cobertura arbórea corresponde ao grau de fechamento do dossel para qualquer área no mundo com uma vegetação com altura mínima de 5 metros. Estes dados são resultantes do trabalho desenvolvido por Hansen et al. (2013) (*Global Forest Change 2000-2014* <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>).

Rugosidade do terreno e altitude são características potencialmente relevantes para a criação do modelo, pois em muitos casos as populações de *A. ululata* estão restritas a localidades com difícil acesso (terreno muito íngreme e/ou altitudes elevadas), ou seja, áreas menos acessíveis a seres humanos. Além disto, os vales formados em áreas com terreno mais rugoso mantêm condições menos agrestes, possibilitando a permanência, por exemplo, de população de *A. caraya* (bugio-preto ou bugio-do-pantanal) nestes locais (Moura, 2007).

Para calcular o índice de rugosidade do terreno foram utilizados dados de topografia resultantes do radar *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* no programa *QGIS*. Tais informações representam um modelo digital do terreno da Terra. Estes dados foram obtidos através de <http://earthexplorer.usgs.gov/>, *NASA SRTM (SRTM 3) Collections*. No programa *QGIS* foi utilizada a ferramenta índice de rugosidade para obtenção desta variável, esta representa uma medição quantitativa da heterogeneidade do terreno de acordo com Riley, DeGloria, & Elliot, 1999. As informações referentes às altitudes foram adquiridas a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do *WorldClim 1.4* (Hijmans et al., 2005).

Na construção do modelo de distribuição potencial foi utilizada a área de estudo que corresponde à provável totalidade da área de distribuição de *A. ululata*. Em seguida, para cada variável foram obtidos os dados tendo como limite o mapa da área de estudo no formato *asc* com resolução espacial de 1 km e o sistema de coordenadas geográfica WGS 1984.

Por último, foram utilizadas configurações padrão do modelo: 107 pontos de presença, limite de convergência (10^{-5}), número máximo de interações (500), multiplicador de regularização (1), número máximo de pontos de fundo (10^4) e *auto features*. Além disto, foi selecionada a opção *random seed* e alterado o teste de percentagem aleatória para 25%. Isto faz com que o programa desconsidere aleatoriamente 25% da amostra do *background* para que as análises sejam efetuadas (Phillips, 2008). O resultado do modelo está no formato *logistic* e a probabilidade de presença para cada célula está escalonada entre 0 e 1 (Phillips, 2008).

Para a validação do modelo foram utilizados dois métodos. O primeiro foi a área sob a curva (AUC), que avalia a habilidade do modelo de classificar corretamente um ponto de verdadeira presença e um ponto de verdadeira ausência. Em geral, valores de AUC maiores que 0.9 indicam resultados satisfatórios (Manel et al., 2001; Phillips et al., 2006). O segundo foi o método de *jackknife*. Tal método considera que cada ponto de ocorrência, inserido para a construção do modelo, deva ser removido pelo menos uma vez da matriz de dados e um modelo é criado com os pontos restantes ($n - 1$). Assim, para uma espécie com n pontos de ocorrência são criados n modelos separados para teste (Pearson et al., 2007).

As variáveis que mais influenciam na distribuição da espécie foram determinadas através de análises da contribuição de cada variável, nomeadamente, percentagem de contribuição, importância de permutação, ganho sem a variável e ganho com apenas a variável.

2.4 IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS IMPORTANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE *ALOUATTA ULULATA*

Depois de identificar áreas com habitat adequado para *A. ululata* através do modelo de distribuição e determinar quais são as variáveis ambientais mais influentes na distribuição desta espécie, foi realizada uma análise para identificar as áreas potencialmente mais relevantes para a conservação da espécie. Esta análise relacionou o mapa de distribuição potencial da espécie com uma variável de “custo” (resultante da soma da densidade populacional humana, zona de influência de estradas e áreas antrópicas), utilizando o programa *Zonation* (Moilanen et al., 2005, 2011).

Assim sendo, para obter os dados referentes às áreas antrópicas (áreas urbanas, plantações e pasto) foram utilizadas informações oriundas do projeto *GlobCover* (http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php) produzido pela *European Space Agency (ESA)*. Estes dados foram modificados e todas as classes relacionadas com áreas urbanas, plantações e pasto foram agregadas, resultando em um mapa com as principais áreas antrópicas.

Em seguida, foi obtido o mapa das estradas brasileiras disponibilizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no site ftp://geofp.ibge.gov.br/mapeamento_sistemtico/base_vetorial_continua_escala_250mil/. Com estes dados foi calculado o valor médio para um *buffer* de 18 km para cada lado de cada estrada, através da ferramenta *neighborhood* no programa *DIVA*. Tais resultados representam a zona de influência de estradas até 18 km para cada lado, áreas com um maior número de estradas apresentam valores mais elevados.

A densidade populacional humana é um fator importante como um aspecto que influencia negativamente a espécie, pois esta sofre com a caça e a perda de habitat causada pelo aumento da densidade populacional humana. Para mensurar o valor para cada *pixel* Balk et al. (2006) utilizaram informações que indicam a densidade populacional humana mundial por quilômetro quadrado, resultante de análises realizadas em um milhão de unidades nacionais e sub-nacionais. Por ultimo, estas três variáveis foram reescaladas (entre valores de 0 e 1) e somadas para gerar uma *layer* de “custo”.

Em seguida, para o mapa de distribuição potencial de *A. ululata* resultante das análises do *Maxent* foi definido um ponto de corte ou limite de adequabilidade, buscando definir qual percentagem do mapa de distribuição potencial poderia ser considerado como habitat mais adequado para a espécie. Para tal, foi relacionada a percentagem de pontos de ocorrência da espécie (matriz de dados utilizada no *Maxent*) com a percentagem da probabilidade de presença resultante das análises realizadas no *Maxent* (Figura 2.2). O ponto de corte estabelecido nesta relação foi de 70%, uma vez que este valor englobou aproximadamente 78% dos pontos de ocorrência da espécie considerados anteriormente (Figura 2.2). O mesmo método fora aplicado por Rainho & Palmeirim (2013) para gerar curvas de ganho de conservação.

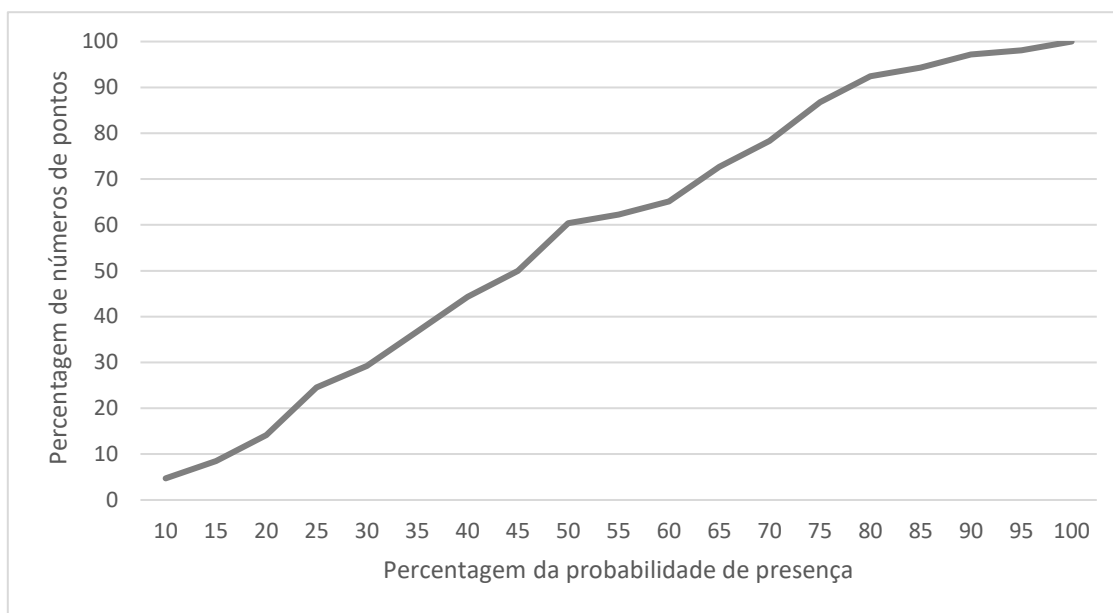


Figura 2.2 - Gráfico representando a percentagem do número de pontos da matriz de dados relacionados com a percentagem da probabilidade de presença resultante do Maxent

Com o objetivo de identificar as áreas mais importantes para a conservação da espécie foi utilizado o método de agregação *distribution smoothing*. Este método identifica a fragmentação como um fator negativo para a determinação das áreas mais relevantes para a conservação da espécie e valoriza manchas mais uniformes.

Diante disto, foram inseridas as informações no *Zonation*, o mapa da probabilidade ocorrência para a espécie (ponto de corte 70%) e a variável “custo”. Neste tipo de análise deve-se informar a distância de dispersão ou percorrida pela espécie. Por não existirem muitas informações sobre a ecologia de *A. ululata*, foram utilizados três valores distintos 3, 6 e 9 km tendo em consideração estudos com outras espécies do mesmo gênero. Tais pesquisas indicam valores muito dispares para o grau de dispersão de diferentes espécies de *Alouatta*, podendo estar relacionado com o sexo, faixa etária, tipo de terreno e/ou vegetação (Crockett, 1998; Glander, 1992; Koontz et al., 1994; Richard-Hansen, Vié, & Thoisy, 2000). Crockett (1998), por exemplo, acompanhou uma fêmea de *A. seniculus* se dispersar por cerca de 6 km e um macho por mais de 3 km.

No mapa resultante destas análises pode ser definida a percentagem da área de estudo que vai ser conservada (isso pode depender de fatores econômicos e políticos) e identificar, dentro da percentagem definida, quais são as áreas potencialmente mais relevantes para a conservação. Neste estudo, foram definidos quatro diferentes cenários 5%, 10%, 15% e 20% da área de distribuição de *A. ululata* dedicada para a conservação.

2.5 PERDA DE COBERTURA ARBÓREA

Depois de serem identificadas as principais áreas para a conservação da espécie através das análises no programa *Zonation*, o mapa resultante foi relacionado com os dados de perda de áreas florestadas entre os anos de 2000 e 2014 disponibilizados por Hansen et al. (2013) (*Global Forest Change 2000-2014* <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>). Estes dados estão disponíveis em uma resolução espacial de aproximadamente 30 metros (1 segundo de arco) e foram modificados para a resolução padrão de 1 km (30 segundo de arco) no programa *IDRISI Selva*. O objetivo desta etapa foi perceber em quais regiões do mapa ocorreu perda de cobertura arbórea entre os anos de 2000 e 2014. Esta é uma análise muito importante para a tomada de decisões acerca da preservação da espécie, identificando áreas importantes para a conservação da espécie onde ocorreu perda de cobertura arbórea.

3. RESULTADOS

3.1 DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Foram realizadas 46 entrevistas durante a recolha de informações no campo. Dos dois principais conjuntos de serras investigados, o primeiro entre os municípios de Santana do Acaraú e Morrinhos (SM) e o segundo localizado entre os municípios de Uruoca, Senador Sá e Moraújo (USM), foram obtidos relatos históricos e atuais da espécie apenas no USM, na localidade de Aiuá (-3.449481°; -40.476306°). Tal resultado identifica uma nova região com relato da presença de *A. ululata*, aumentando a área de distribuição da espécie na direção nordeste do estado do Ceará. No total foram obtidos 10 relatos da espécie nesta região. Além disso, foi possível confirmar alguns relatos na Serra da Ibiapaba, validando principalmente os relatos na encosta mais íngreme da serra (vertente leste).

Com estas informações e os dados fornecidos pelo CPB/ICMBio foi criada a base de dados sobre a distribuição da espécie utilizada para construir o modelo de distribuição, incluindo um total de 107 pontos.

O modelo construído para obter o mapa da distribuição potencial de *A. ululata* no *Maxent* apresentou um bom resultado para diferenciar *pixels* com habitat adequado para a espécie de *pixels* que não apresentavam tais condições (Figuras 3.1 e 3.2). O valor da área sob a curva (AUC) foi 0,939.

Com as análises da contribuição de cada variável foi possível observar que a percentagem de cobertura arbórea, índice de aridez, precipitação do mês mais seco e a sazonalidade da precipitação foram as variáveis que se destacaram em termos de percentagem de contribuição (Quadro 3.2). Com relação à importância de permutação o *NDVI* apresentou melhores resultados do que a sazonalidade da precipitação (Quadro 3.3).

Nos resultados obtidos com o método de *jackknife* foi observado que a percentagem de cobertura arbórea, seguida do índice de aridez, foram as variáveis com maiores ganhos quando avaliadas de forma isolada (Quadro 3.3). Os modelos resultantes destas apresentaram maior ganho, indicando que contêm muita informação útil sozinhas. Além do mais, foram as variáveis que quando omitidas apresentaram maior diminuição de ganho dos modelos, indicando conter a maior parte da informação que não está presente nas outras variáveis (Quadro 3.3).

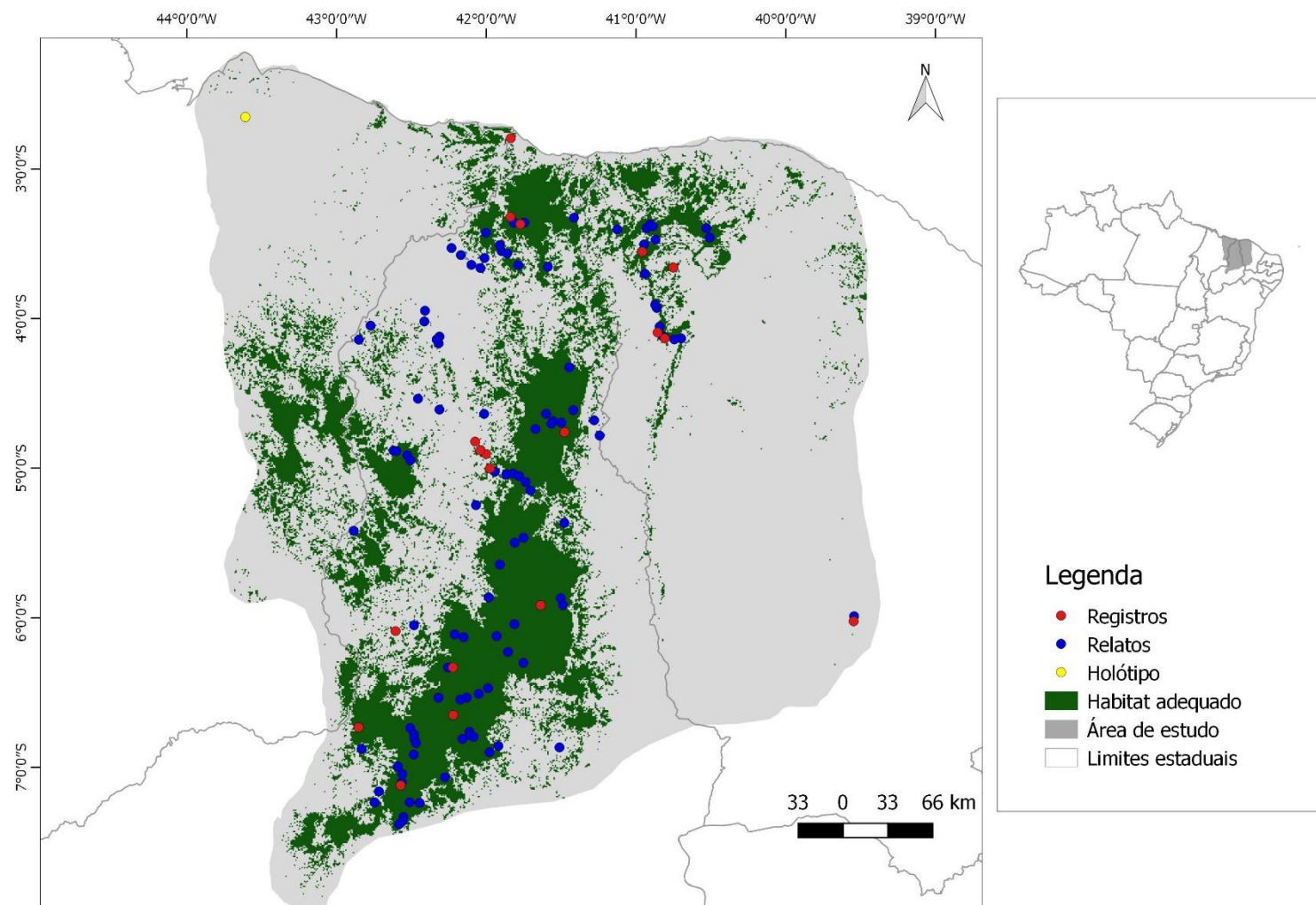


Figura 3.1 - Mapa ilustrando as áreas com habitat adequado para a espécie com o ponto de corte de 70%, resultante das análises do Maxent.

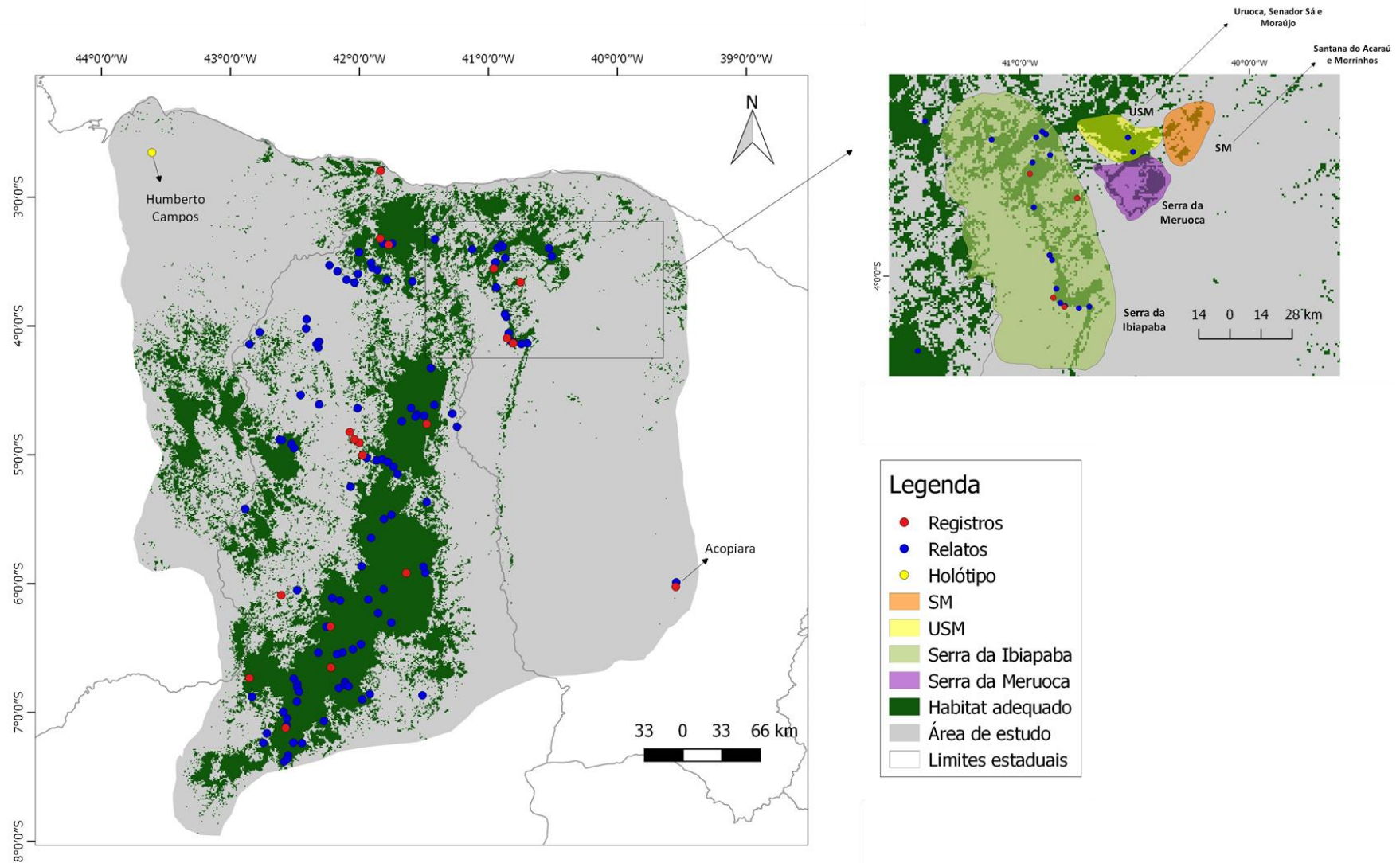


Figura 3.2 - Mapa de pontos de registro e relato da espécie, juntamente com as áreas com habitat adequado (ponto de corte de 70%). Em detalhe, as áreas de recolha de novas informações de *Alouatta ululata* (Uruoca, Senador Sá e Moraújo (USM) e Santana do Acaraú e Morrinhos (SM)), a área da Serra da Meruoca e a Serra da Ibiapaba.

Quadro 3.3 - Resultados das análises no Maxent, os valores sublinhados representam os quatro melhores resultados para cada método.

| Número | Descrição | Percentagem de contribuição | Importância de Permutação | Ganho sem a variável | Ganho com apenas a variável |
|--------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1 | Percentagem de cobertura arbórea | <u>39,19</u> | <u>39,06</u> | <u>1,06</u> | <u>0,48</u> |
| 2 | Altitude | 3,37 | 1,69 | 1,31 | 0,08 |
| 3 | Índice de aridez | <u>20,53</u> | <u>18,45</u> | <u>1,19</u> | <u>0,39</u> |
| 4 | Precipitação do mês mais seco | <u>11,71</u> | <u>13,12</u> | <u>1,25</u> | 0,02 |
| 5 | Sazonalidade da precipitação | <u>11,56</u> | 11,89 | <u>1,13</u> | 0,05 |
| 6 | NDVI | 4,68 | <u>12,53</u> | 1,26 | 0,16 |
| 7 | Altura do dossel da floresta | 5,24 | 1,58 | 1,28 | <u>0,19</u> |
| 8 | Índice de rugosidade do terreno | 3,68 | 1,63 | 1,26 | <u>0,18</u> |

Portanto, a percentagem de cobertura arbórea e o índice de aridez apresentaram os melhores resultados nos quatro testes para avaliar a importância de cada variável. Vale a pena destacar que a precipitação do mês mais seco e a sazonalidade da precipitação são variáveis que apresentaram bons resultados em alguns testes e em outros não (Quadro 3.3).

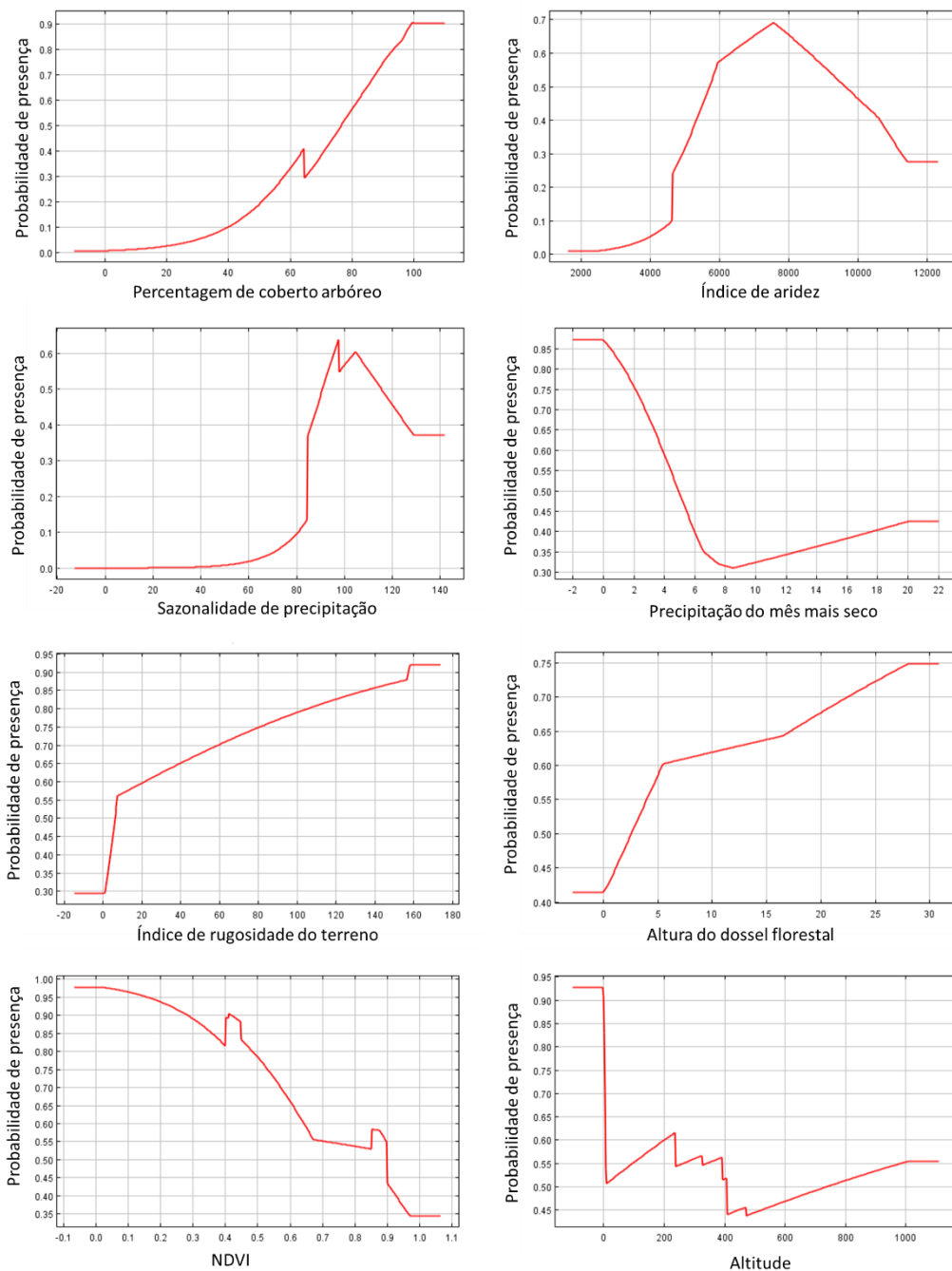


Figura 3.4 - Gráficos de relações univariadas resultantes das análises realizadas no Maxent demonstrando a relação entre cada variável e a probabilidade de presença da espécie

A figura 3.4 mostra como a probabilidade de ocorrência da espécie é influenciada por cada variável utilizada no modelo. A percentagem de cobertura arbórea influencia positivamente a probabilidade de presença de *A. ululata*. Já os valores intermediários do índice de aridez influenciam fortemente a probabilidade de ocorrência de *A. ululata*. Importante ressaltar que no gráfico do índice de aridez os menores valores representam áreas mais áridas (Zomer et al., 2008) (Figura 3.4). Áreas com pouca precipitação no mês mais seco e com grande sazonalidade da precipitação também constituem características ambientais importantes para o aumento da probabilidade de presença da espécie, apresentando bons resultados em alguns testes e em outros não (Figura 3.4). Para além disso, áreas com maiores índices de rugosidade do terreno, com altitudes inferiores, com maiores alturas do coberto arbóreo e menores valores de *NDVI* apresentam maior probabilidade de presença da espécie.

3.2 ÁREAS MAIS IMPORTANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE *ALOUATTA ULULATA*

Nos resultados obtidos pelo método de *distribution smoothing* no programa *Zonation* foram identificadas quatro grandes áreas importantes para a conservação de *A. ululatta*: (1) a região de mangal mais ao norte da distribuição da espécie (Delta do rio Parnaíba), entre os estados do Maranhão e Piauí, (Mangal); (2) a região norte do Ceará (a serra da Ibiapaba e outros enclaves úmidos) e parte da região norte do Piauí (Enclaves); (3) uma área inserida completamente na Caatinga piauiense entre os municípios de Piripiri e Itaueira (Caatinga); e (4) um conjunto de áreas mais a noroeste do Piauí na divisa com o estado do Maranhão, entre os municípios de Teresina (PI) e Caxias (MA) (Divisa) (Figura 3.4). Esta última é um conjunto de áreas menores e com menor conectividade, podendo apresentar populações com características importantes para a conservação da espécie. Tais informações foram obtidas tendo em consideração quatro percentagens da área de estudo dedicadas à conservação (5%, 10%, 15% e 20% de toda área direcionada para a conservação) (Figura 3.5).

Os diferentes graus de dispersão utilizados não demonstraram grandes variações para definir tais áreas. Isto se deve ao tipo de análise efetuado pelo programa. Este tende a aglutinar os *pixels* almejando conectar pequenas áreas boas, resultando em áreas maiores. Áreas grandes e conectadas são mais vantajosas para a conservação, pois possibilitam uma maior interação entre as populações, facilitam a migração e um maior fluxo genético. Neste sentido, quanto maior o grau de dispersão maiores e mais homogêneas são as áreas mais relevantes para a conservação, já que se assume que os indivíduos conseguem se deslocar distâncias maiores (Figura 3.6).

Nos resultados obtidos pelo programa *Zonation* é possível classificar que percentagem da área de estudo deve ser conservada (isso pode depender de fatores políticos e econômicos). Numa situação real, depois de identificar a percentagem da área de estudo que deve ser conservada (e.g. 5%, 10% ou 15%) é possível identificar quais as áreas mais relevantes para a preservação dentro da percentagem estabelecida, como pode ser observado em diferentes graus (5%, 10%, 15% e 20%) na Figura 3.6.

Das áreas mais importantes para a conservação da espécie (tendo em consideração 3 km como a distância de dispersão) 20,7% estão inseridas em Unidades de Conservação (UCs). Ao considerar 6 e 9 km de distância de dispersão, 20,9% e 20,9% das áreas mais relevantes estão dentro de UCs, respectivamente (Figura 3.7).

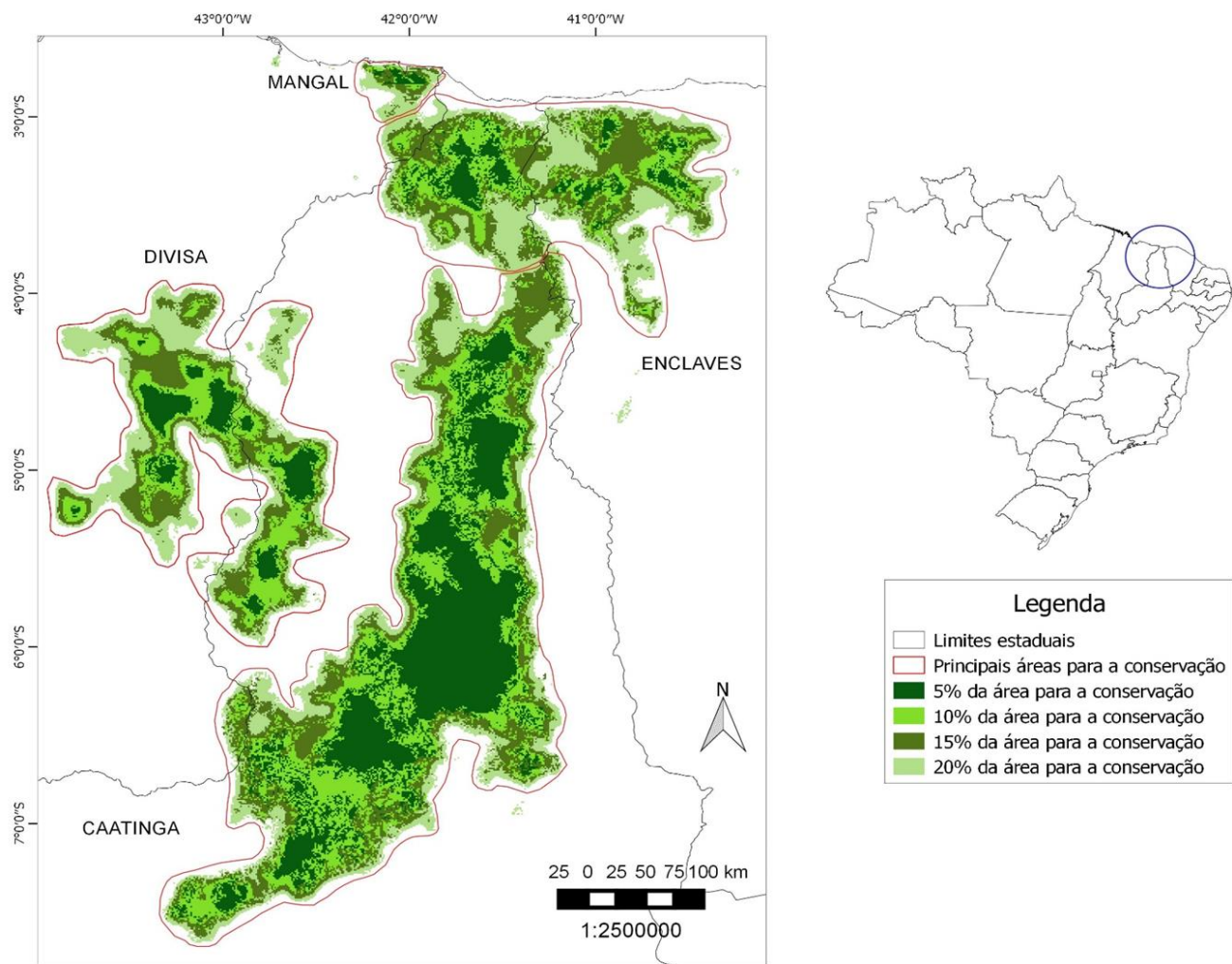


Figura 3.5 - Mapa evidenciando as quatro grandes áreas definidas como mais importantes para a conservação de *Alouatta ululata*: Mangal, Enclaves, Caatinga e Divisa.

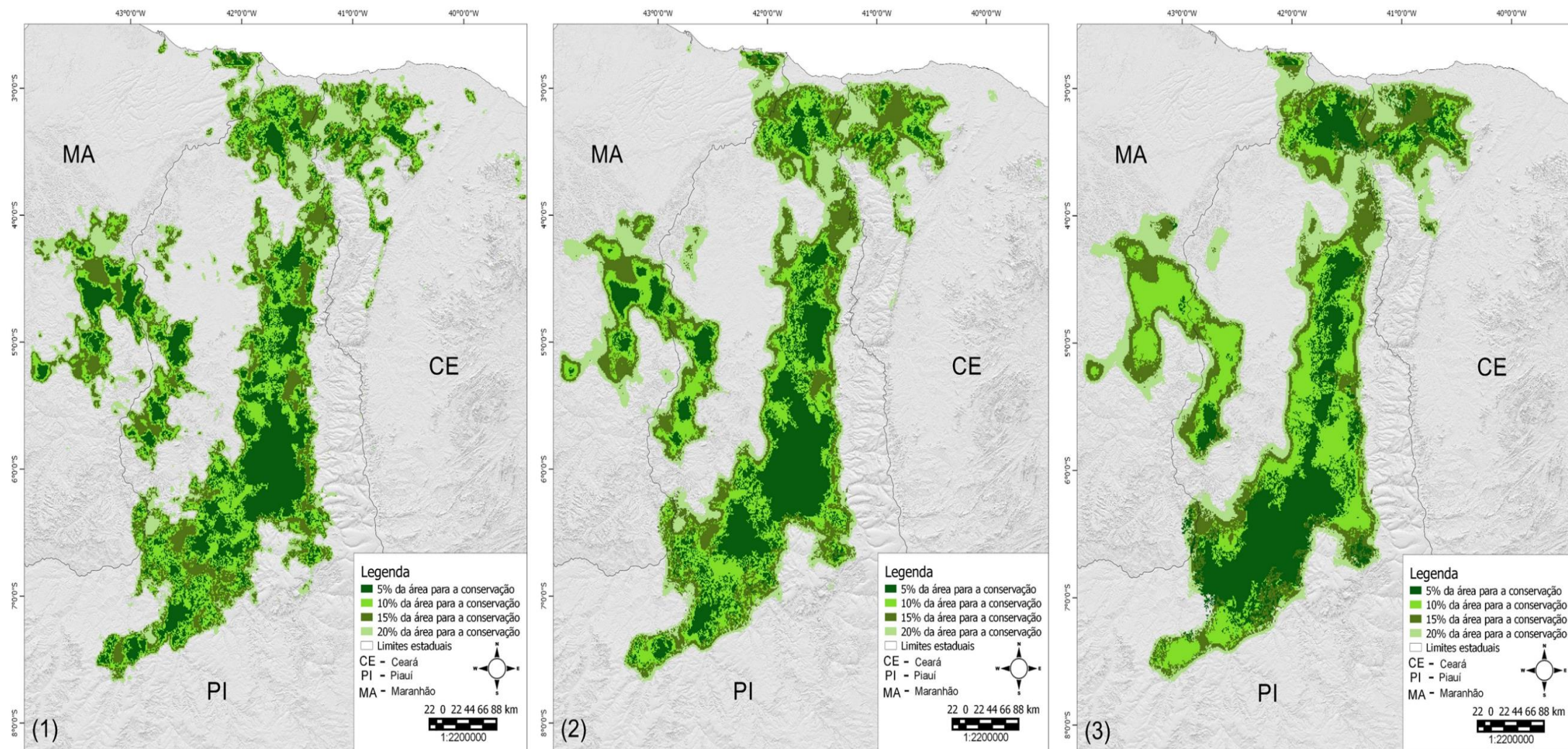


Figura 3.6 - Áreas importantes para a conservação de *Alouatta ululata* com três diferentes graus de dispersão: (1) 3 km; (2) 6 km; e (3) 9 km. Estes mapas mostram quais são as áreas mais relevantes para a conservação quando se pretende conservar 5%, 10%, 15% ou 20% de toda a área de estudo.

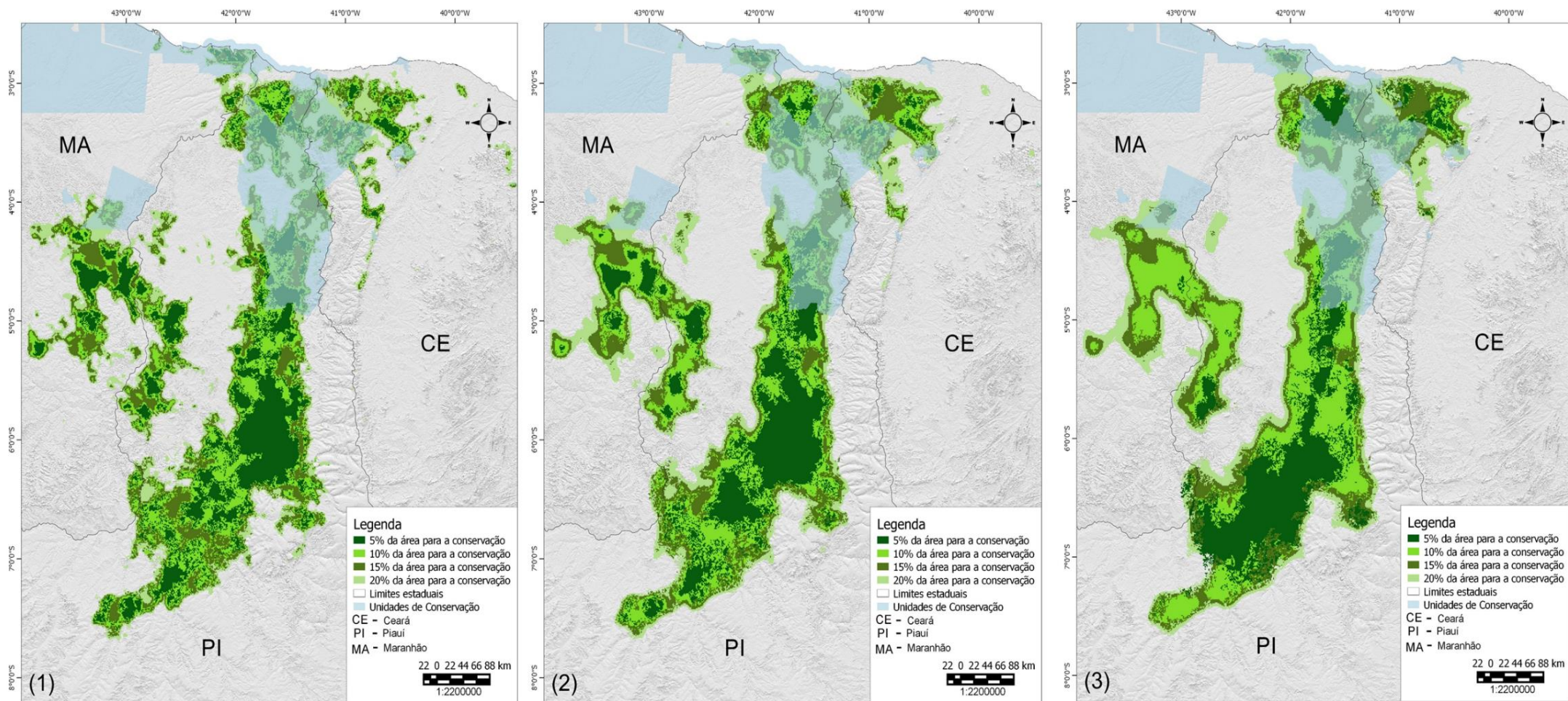


Figura 3.7 – Unidades de Conservação sobrepostas às áreas mais importantes para a conservação em diferentes graus de dispersão, (1) 3 km, (2) 6 km e (3) 9 km. Em tais mapas podem ser observados em quais regiões estão concentradas as Unidades de Conservação.

3.3 PERDA DE COBERTURA ARBÓREA

Nos 20% da área de estudo mais importantes para a conservação de *A. ululata* e com grau de deslocamento de 6 km, entre os anos de 2000 e 2014, a perda de cobertura arbórea corresponde a aproximadamente 4% (Figura 3.7). Entretanto, quando se diminui a percentagem de área dedicada a conservação também diminui a percentagem de áreas que perderam cobertura arbórea entre os anos de 2000 e 2014 (e.g. com 15% da área de estudo mais relevante para a conservação 3,3% desta área perdeu cobertura arbórea, 10% perdeu 3,1% e 5% perdeu 2,4%). No mapa das áreas que ocorreu perda de cobertura arbórea pode ser observado que as manchas estão dispersas por toda a área de estudo, apesar de ser possível observar uma maior concentração na região mais ao norte do Piauí, entre os municípios de Parnaíba e Bom Princípio do Piauí (Enclaves) e na região entre os municípios de Caxias (MA) e Teresina (PI) (Divisa) (Figura 3.7).

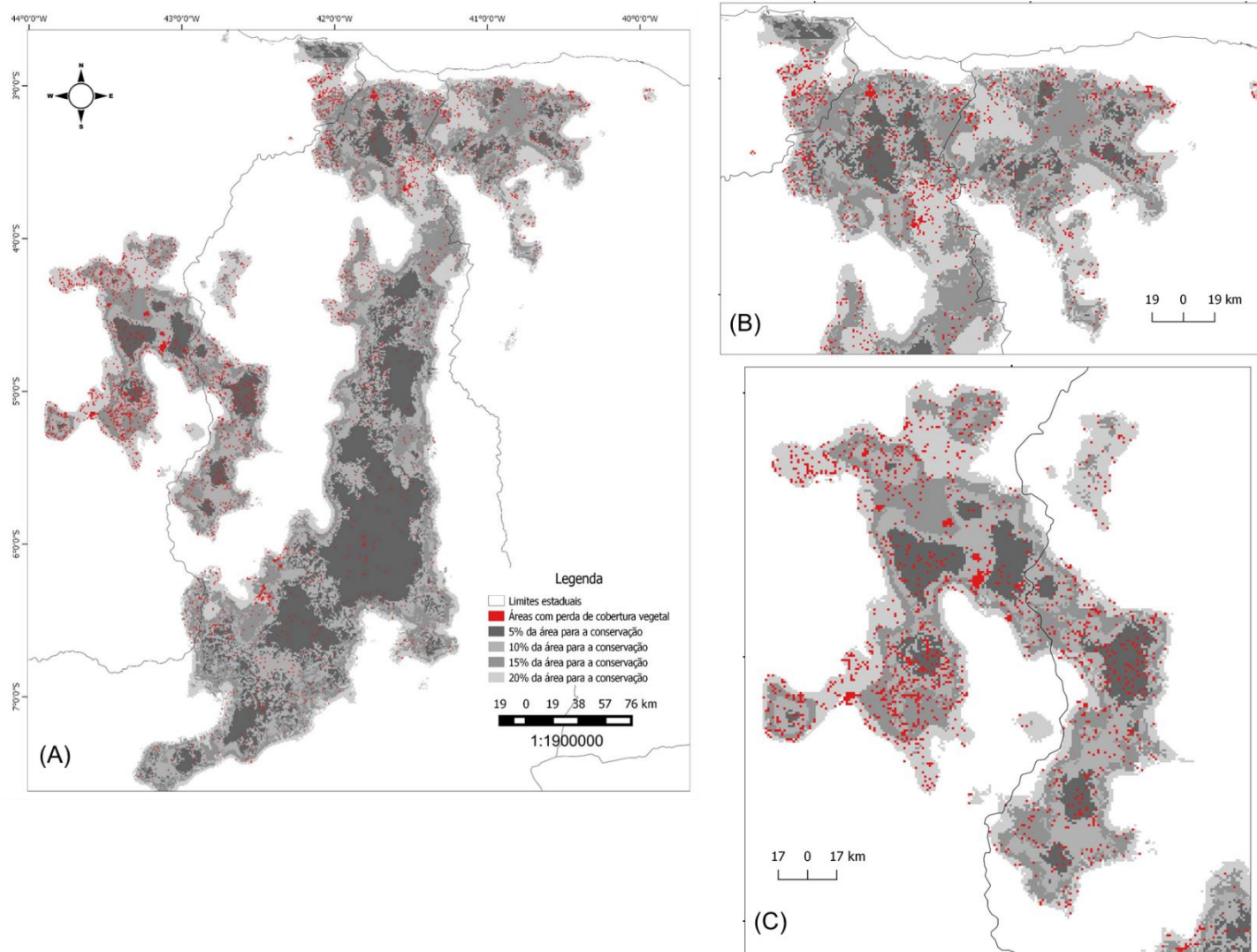


Figura 3.8 – Áreas onde ocorreram perda de cobertura arbórea entre 2000 e 2014. (A) Mapa com as áreas mais importantes para a conservação (grau de dispersão de 6 km); (B) Detalhe da região noroeste do Ceará e norte do Piauí com a perda de cobertura arbórea; (C) Detalhe da perda de cobertura arbórea na região de divisa entre o Maranhão e o Piauí.

4. DISCUSSÃO

4.1 DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL E VARIÁVEIS AMBIENTAIS

De acordo com as análises realizadas através do programa *Maxent* o mapa de distribuição potencial de *A. ululata* foi construído com êxito. Tais informações indicam áreas onde podem ser encontrados ambientes adequados à espécie. Além disto, foram identificadas as principais variáveis ambientais que influenciam a distribuição desta espécie.

O mapa de distribuição potencial reflete os relatos e os registros atuais da espécie, mas também inclui algumas áreas ainda sem informação. Na região mais ao norte do Ceará (CE) e Piauí (PI), por exemplo, parte dos municípios de Granja (CE), Uruoca (CE), Moraújo (CE), Luís Correa (PI), Bom Princípio do Piauí (PI), Buriti dos Lopez (PI) e Cocal (PI) apesar de terem informações sobre a presença de *A. ululata* na região mantém áreas com habitat adequado para a espécie que podem conter populações ainda desconhecidas. A serra da Meruoca, um enclave úmido no noroeste do Ceará composto pelos municípios de Alcântaras, Coreaú, Massapê, Meruoca e Sobral, contém áreas com habitat adequado para a espécie (principalmente nos municípios de Alcântaras e Meruoca), apesar de não existir informação sobre a presença da espécie nesta região. Durante a recolha de informação no campo foram feitas algumas incursões na serra, mas nenhum relato ou registro foi obtido. Anteriormente, outros estudos foram realizados na região (Oliveira et al., 2007) e também não identificaram a espécie na serra. Contudo, na Serra da Meruoca existem algumas regiões de difícil acesso e pouco exploradas (terrenos íngremes, vegetação densa e altitudes elevadas). Neste tipo de ambiente ainda poderiam existir populações da espécie, mas em áreas mais planas e/ou mais acessíveis a perda habitat adequado e a caça podem ter dizimado as populações de guaribas na região. A Serra da Meruoca é composta por um conjunto de serras e faz parte da Área de Proteção Ambiental Serra da Meruoca podendo funcionar como uma região para a reintrodução e/ou translocação de populações de *A. ululata* por apresentar ambiente adequado para a espécie e pela proximidade com a região de Aiuá (um conjunto de serras entre os municípios de Uruoca, Senador Sá e Moraújo (USM)), onde foram obtidos relatos da espécie. Todavia, um programa de reintrodução e/ou translocação de grupos deve ser precedido por um extenso estudo sobre aspectos ecológicos, comportamentais e genéticos dos indivíduos reintroduzidos e/ou translocados. Além disso, atividades de educação ambiental direcionadas a conscientização da comunidade local sobre a importância da preservação e contra a caça de animais silvestres devem fazer parte destes programas de reintrodução e/ou translocação de animais.

Com relação às áreas onde foram realizadas entrevistas para a recolha de mais informações sobre a distribuição da espécie em regiões de enclaves úmidos no noroeste do Ceará é possível observar que o conjunto de serras USM e a região entre os municípios de Santana do Acaraú e Morrinhos (SM) parece conter habitat adequado para a espécie. No entanto, foram obtidos relatos de *A. ululata* apenas para o

conjunto de serras USM, na localidade de Auiá. Apesar de ter sido encontrada uma localidade chamada Guariba no conjunto SM não foi encontrada qualquer informação da presença da espécie nesta região. De acordo com Coimbra-Filho, Câmara, & Rylands, (1995) localidades com o nome Guariba ou Guaribas no nordeste do Brasil podem representar informações histórica acerca da presença da espécie na região. A região de mangal na foz do rio Parnaíba, entre os estados do Piauí e Maranhão apresenta várias áreas com habitat adequado para a espécie. Parte desta área já foi estudada por Pinto & Roberto (2011) e alguns grupos de *A. ululata* já foram registados na região.

Na região mais central no mapa da área de distribuição de *A. ululata* no estado do Piauí há grande quantidade de relatos e/ou registros da espécie. Mesmo assim, algumas regiões, por exemplo, os municípios de Teresina (capital do estado do Piauí), Altos e Pau d'Arco do Piauí (todos no noroeste do Piauí na divisa com o Maranhão) apresentam áreas com habitat adequado para a espécie, mas sem qualquer informação acerca da sua presença nestas localidades. De acordo com Ferreira et al. (2016) existem algumas informações (inferências, suspeitas) referentes à possibilidade da presença histórica da espécie em áreas no entorno de Teresina. Além disto, entre os estados do Piauí e do Maranhão podem ser observadas várias áreas com ambiente adequado para a espécie, mas onde ainda não se detectaram relatos ou registros no local.

Duas regiões com registros de *A. ululata* chamam atenção por não apresentarem habitat adequado para a espécie. A primeira região fica no município de Acopiara em uma serra inserida no meio do semiárido cearense (representa o ponto mais a leste com informações da espécie), mas que de acordo com o mapa de distribuição potencial não apresenta ambiente adequado. A segunda está localizada no município de Humberto de Campos no Maranhão onde foi obtido o holótipo da espécie e representa o limite oeste da sua área de distribuição.

O registro da primeira região (Acopiara) está distante de outros relatos e/ou registros de populações de *A. ululata*. Duas especulações são propostas para explicar a existência desses animais nesta região. A primeira hipótese considera que poderia ter existido ambiente adequado para a espécie entre os municípios do Piauí e Acopiara ou entre a Serra de Ibiapaba e Acopiara que possibilitou a chegada destes animais na região. Com o decorrer dos anos poderia ter ocorrido perda de qualidade ambiental fazendo com que estes animais ficassem ilhados em Acopiara. Uma segunda possibilidade pondera que estes animais poderiam ter sido levados para esta região através de algum tipo de soltura ou mesmo como animais de estimação. As populações mais a leste da área de distribuição encontram na região da “depressão sertaneja” (semiárido cearense) uma barreira ambiental para a sua existência devido as condições climáticas e/ou perda habitat. Neste sentido, as populações que vivem mais a oeste podem funcionar como as principais “fontes” de indivíduos (e.g. estado do Piauí). Todavia, a ausência de conectividade entre estas populações (ausência de fluxo migratório) e a caça podem resultar na extinção dos grupos que vivem no estado do Ceará (i.e. as populações que habitam a parte mais leste da área de distribuição). Uma informação importante registrada na recolha de dados no noroeste do Ceará foi que durante o período de forte estiagem, na altura da seca durante a década de 50, quando havia

poucos recursos financeiros e tecnológicos, a população rural recorria a caça como principal fonte de alimento. Tais eventos podem ter sido determinantes para extinções locais de animais de médio e grande porte como *A. ululata* na região do semiárido cearense. Tais questões ainda são difíceis de serem respondidas, pois se faz necessário haver pesquisas adicionais sobre este assunto.

O registro do holótipo foi obtido em Miritiba no Maranhão (atual município de Huberto de Campos) há aproximadamente 100 anos atrás. Provavelmente esta região do Maranhão pode ter passado por processos de alterações ambientais, resultando em perda de condições essenciais para a manutenção de habitat adequado para a espécie.

Com relação às variáveis ambientais utilizadas para a criação do modelo, as que mais influenciam a distribuição de *A. ululata*, percentagem de cobertura arbórea e índice de aridez, são fatores que refletem claramente a biologia e o ambiente no qual a espécie habita. *Alouatta ululata* é uma espécie de primata tipicamente arborícola e folívora-frugívora estando presente em áreas de florestas de babaçu, florestas semidecíduais, caatingas arbóreas, manguezais e brejos de altitude (Ferreira et al., 2016; Oliveira & Kierulff, 2008), tendo seu habitat mais adequado diretamente relacionado com as percentagens mais elevadas de cobertura arbórea. Apesar de algumas espécies do gênero *Alouatta* tolerarem ambientes alterados e/ou fragmentados (Arroyo-Rodríguez & Mandujano, 2006; Bonvicino, 1989; Boyle & Smith, 2010; Clarke & Glander, 1984; Clarke, Zucker, & Scott, 1986; Estrada, Anzures, & Coates-Estrada, 1999; Estrada & Coates-Estrada, 1988; Hartup, 1994) a vegetação natural é fonte de alimento, abrigo e principal estrato de locomoção para a espécie sendo, assim, fundamental para a sobrevivência desta. Para além disto, a altura do dossel florestal influencia diretamente na probabilidade de presença de *A. ululata*, refletindo fortemente a biologia deste animal, pois esta é uma espécie arborícola que utiliza apenas esporadicamente o estrato terrestre.

O índice de aridez é uma variável que corresponde o tipo de ambiente habitado por *A. ululata*, no caso, o nordeste brasileiro. O clima semiárido é caracterizado por apresentar baixa umidade e pouca pluviosidade. Diante disto, a espécie teve que se adaptar a tais condições para poder habitar a referida região. Estas adaptações são fatores relevantes (além das características morfológicas) para *A. ululata* deixar de ser classificada como uma subespécie de *A. belzebul* de acordo com Gregorin (2006). O fato de habitarem áreas com um regime de chuvas limitado a alguns meses do ano faz com que nos períodos mais secos os animais fiquem restritos as regiões onde as condições climáticas são menos agrestes, por exemplo, os enclaves úmidos no Ceará (áreas mais elevadas, ingrimes e rugosas da região). Tal característica e/ou comportamento reflete os resultados obtidos com o modelo de distribuição potencial, ou seja, os índices de aridez médios influenciam fortemente a probabilidade de presença da espécie. Regiões muito áridas (e.g. a depressão sertaneja) não são ideais para a manutenção da espécie, assim como, áreas que apresentam índices muito baixos de aridez (e.g. regiões amazônicas mais a oeste do Maranhão).

Em um estudo desenvolvido no Parque Nacional da Serra da Capivara no sul do Piauí com *A. caraya*, Moura (2007) identificou que as populações durante a época mais seca aparentemente se

confinavam em áreas de vales do parque, onde poderiam encontrar alimento e/ou algum reservatório com água para sobreviverem durante a estiagem. Estas informações corroboram o que foi observado para o índice de rugosidade do terreno, quanto maior este índice maior é a probabilidade de ocorrência de *A. ululata* (Figura 3.3). Para além disso, a influencia da altitude aparenta variar geograficamente. Na região mais a leste da área de distribuição da espécie, a área mais seca, os valores mais elevados influenciam positivamente na probabilidade de ocorrência da espécie, pois em altitudes mais elevadas há maior humidade, permitindo assim o desenvolvimento de florestas. Já na região mais oeste da distribuição da espécie (estados do Piauí e Maranhão), a altitude não parece ser um fator determinante, pois também podem ser encontradas áreas florestadas em regiões com altitudes inferiores (e.g. o mangal do Delta do rio Parnaíba e a Caatinga arborizada no norte do Piauí).

As áreas com habitat adequado para a espécie também apresentam baixa precipitação no mês mais seco, alta sazonalidade de chuvas e baixo *NDVI*. Tais resultados refletem as características ambientais da Caatinga e do Cerrado brasileiro (regiões semiáridas do país com chuvas concentradas em poucos meses do ano). Estes resultados demonstram que *A. ululata* é uma espécie que não habita regiões mais húmidas e chuvosas como a Floresta Amazônica.

4.2 ÁREAS MAIS IMPORTANTES PARA A CONSERVAÇÃO DE *ALOUATTA ULULATA*

De acordo com os resultados, as áreas mais relevantes para a conservação de *A. ululata* se concentram em quatro blocos: (1) a região de mangal mais ao norte da distribuição da espécie (Delta do rio Parnaíba) entre os estados do Maranhão e Piauí, dentro do bioma do Cerrado, (Mangal); (2) região norte do Ceará (a serra da Ibiapaba e outros enclaves úmidos próximos) e parte da região norte do Piauí (Enclaves); (3) uma área inserida na Caatinga piauiense entre os municípios de Piri-piri e Itaueira (Caatinga); e (4) outras áreas mais a noroeste do Piauí na divisa com o estado do Maranhão, na divisa entre a Caatinga e o Cerrado, (Divisa) (Figura 3.4).

As áreas identificadas como mais importantes para a conservação da espécie poderão eventualmente apresentar peculiaridades ambientais que resultem em populações com características distintas e importantes para a manutenção da diversidade da espécie, principalmente no que se refere aos padrões genotípicos e/ou fenotípicos de cada população. Além de tais características, também podem ser encontrados aspectos comportamentais e ecológicos únicos existentes entre populações que habitam diferentes tipos de ambientes. Tais informações sobre *A. ululata* ainda são muito escassas, carecendo de estudos que busquem aprofundar o entendimento sobre tais questões.

Um exemplo destas situações é a presença de populações na região de mangal no Delta do rio Parnaíba (Mangal). Estas populações habitam um ambiente muito distinto dos outros grupos de *A. ululata* (e.g. têm uma dieta em parte composta por plantas típicas do mangal) mais continentais. Os grupos que habitam a região Enclaves, por exemplo, vivem em áreas de enclaves úmidos (áreas compostas por Floresta Ombrófila, Caatinga Arbórea e Floresta Estacional Semidecidual) inseridos na

Caatinga cearense e em regiões que mesclam fitofisionomias de Caatinga, Cerrado e Amazônia no norte do Piauí. A área da Divisa (Figura 3.4) entre os estados do Piauí e do Maranhão, por exemplo, está em sua maioria inserida no bioma do Cerrado e ainda são poucas as informações sobre a presença da espécie nesta região. Consequentemente, conservar o máximo desta promissora diversidade de características torna-se necessário para a preservação de *A. ululata*.

Com relação às unidades de conservação atuais na região, praticamente toda a região Mangal está inserida dentro de Unidades de Conservação (UCs) já existentes: duas Unidades de Conservação Federais de Uso Sustentável (Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Parnaíba e Reserva Extrativistas Marinha do Delta do Parnaíba) e uma Unidade de Conservação Estadual de Uso Sustentável (APA da Foz do Rio das Preguiças) (Figura 3.6). A área prioritária para a conservação Enclaves está inserida em duas Unidades de Conservação Federais de Uso Sustentável (APA Serra da Ibiapaba e APA Serra da Meruoca), uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral (Parque Nacional de Ubajara) e uma Unidade de Conservação Estadual de Uso Sustentável (APA Bica do Ipú) (Figura 3.6). No entanto, a região com maior número de relatos e registros da espécie, a área Caatinga, está praticamente fora de qualquer UC. Apenas uma porção da APA Serra da Ibiapaba e o Parque Nacional de Sete Cidades, sendo que esta última permanece inserida no território da anterior (Figura 3.6). A APA Morros dos Garapenses no estado do Maranhão (Unidade de Conservação Estadual de Uso Sustentável) tem sua área sobreposta a uma das manchas da área prioritária Divisa. Para além disto, praticamente todas as UCs se localizam na região mais ao norte dos estados do Ceará, Piauí e Maranhão, deixando completamente desprotegidas áreas importantes para a conservação de *A. ululata* localizadas mais ao sul (e.g. áreas prioritárias Divisa e Caatinga).

Das nove UCs que abrangem as principais áreas para a conservação apenas duas são UCs de proteção integral (Parque Nacional de Ubajara e o Parque Nacional das Sete Cidades). Isto significa que apenas em duas UCs o objetivo básico é preservar a natureza, aceitando apenas o uso indireto dos recursos naturais (MMA-Ministério do Meio Ambiente, 2016b). Em todas as outras UCs que mantêm áreas importantes para a conservação de *A. ululata* é possível fazer o uso sustentável de parte dos recursos naturais (MMA-Ministério do Meio Ambiente, 2016b). Tais informações demonstram o quanto as áreas mais relevantes para a conservação de *A. ululata* estão expostas às alterações ambientais, principalmente devido ao manejo incorreto da cobertura arbórea nestas UCs.

Pinto & Roberto (2011) realizaram um trabalho com a população local das áreas prioritárias Mangal e Enclaves no estado do Piauí através de entrevista para perceber o conhecimento das pessoas sobre as UCs e os órgãos públicos. Tal análise demonstrou que quando perguntados sobre a existência de qualquer UC na região 39,5% disseram que não, 21,9% disseram que sim e 31,2% não sabiam. Em seguida, foi perguntado se já ouviram falar em APA (estando dentro da APA Serra da Ibiapaba) 92,9% não conheciam e 7,1% já ouviram falar no estado do Ceará. Isto reflete a falta de informação acerca das UCs para as pessoas destas regiões e a ineficiência destas em manter a função básica de uma Unidade de Conservação.

Algumas atividades de conservação são realizadas dentro das UCs. No Parque Nacional de Ubajara, por exemplo, são executadas atividades direcionadas à informação do público através da educação ambiental. Todavia, dentro do parque não foi possível localizar nenhum poster ou qualquer outro tipo de informação sobre a guariba. Esta que é uma espécie de primata endêmica da região e que pode funcionar muito bem como uma espécie que atrai a atenção de crianças, jovens e adultos, conscientizando estes sobre a importância de se preservar espécies como *A. ululata*. A APA Serra da Ibiapaba é muito extensa (fator importante para a preservação do meio ambiente), abrangendo grande parte da região Enclaves, mas não são realizadas atividades de conscientização ambiental e/ou de divulgação da APA (na maioria das vezes a região é identificada pela população local como uma UC em virtude de placas fixadas na região). Além disto, há pouca fiscalização nas UCs devido a falta de funcionários e/ou estrutura.

4.3 PERDA DE COBERTURA ARBÓREA

A perda de habitat adequado e a caça são as principais ameaças para *A. ululata*. Dentro das áreas identificadas como mais relevantes para a conservação da espécie pode ser observado que há vários pontos com perda de cobertura arbórea entre os anos de 2000 e 2014. Não há grandes manchas de perda de cobertura arbórea, muitas áreas dispersas, exceto entre os municípios de Parnaíba e Bom Princípio do Piauí, onde pode ser observada uma área maior. Dentro de UCs também pode ser identificada perda de cobertura arbórea. O uso da terra de forma teoricamente sustentável, permitido nas UCs de Uso Sustentável, junto com a dificuldade de gerenciamento e/ou manejo destas UCs facilita o uso indiscriminado destas áreas. O que deveria ser caracterizado como uso sustentável dos recursos naturais acaba resultando em uma utilização de forma desorganizada destes recursos, sem ter em consideração a preservação do meio ambiente natural. De acordo com MMA/IBAMA (2011) entre os anos de 2002 e 2008 foram perdidos cerca de 16.576 km² de cobertura arbórea no bioma Caatinga.

Diferente das outras UCs, no Parque Nacional de Ubajara e Parque Nacional de Sete Cidades (UCs Federais de Proteção Integral) não foram verificadas perda de cobertura arbórea entre os anos de 2000 e 2014. Isto é uma característica deste tipo de UC que não permite o uso dos recursos naturais, evitando ou amenizando a perda de habitat adequado. Apesar de não haver relatos e/ou registro da espécie dentro do Parque Nacional de Ubajara, esta UC pode ser uma importante área para a reintrodução e/ou translocação futura de grupos de *A. ululata*, principalmente por apresentar ambiente adequado e por não ter sofrido perda de cobertura arbórea nos últimos anos. Este programa de reintrodução e/ou translocação de grupos deve ser precedido por um extenso estudo sobre aspectos ecológicos, comportamentais e genéticos dos indivíduos reintroduzidos e/ou translocados.

Na região de mangal no Delta do Parnaíba (área prioritária Mangal) também não é observada qualquer perda de cobertura arbórea, provavelmente decorrente da dificuldade de utilização deste tipo de ambiente para outros fins.

4.4 PROPOSTAS PARA A CONSERVAÇÃO DE *ALOUATTA ULULATA*

As principais medidas para a conservação de *A. ululata* são:

- Com base nos resultados obtidos através do *Maxent* existem algumas regiões com habitat adequado para a espécie, mas onde ainda não foram evidenciados pontos de registro e/ou relato da espécie. Neste sentido, torna-se importante para planejar a conservação desta espécie desenvolver novos trabalhos que identifiquem novas populações de *A. ululata* em áreas identificadas como mais relevantes para a conservação da espécie, por exemplo, região noroeste do Piauí fronteira com o Maranhão (Divisa). Apesar do CPB/IBAMA já ter iniciado esta atividade, no geral, ainda é notória a carência de informações sobre pontos de registro da espécie.

- Como foi observado nos resultados, parte das principais áreas para a conservação da espécie estão inseridas em Unidades de Conservação. Todavia, sete das nove UCs que protegem estas áreas permitem o uso dos recursos naturais, afetando diretamente a qualidade do habitat da espécie. Portanto, apesar de algumas áreas chaves estarem protegidas, faz-se necessário um maior esforço para mitigar as principais ameaças para a preservação de *A. ululata*, ou seja, a caça e a perda de habitat, através da melhoria da gestão das UCs existentes, do estímulo às atividades de conservação nestas unidades, da reestruturação das suas atuais configurações e da sensibilização da comunidade local. Como já foi observado em outros estudos, a APA Serra da Ibiapaba, por exemplo, é uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável que, em algumas regiões, acaba sendo desconhecida da população local e consequentemente deixa de exercer a sua função como UC. Neste sentido, torna-se importante uma atuação mais próxima junto à população local, que pode ser feita através da descentralização da gestão da APA, com a criação de novas sedes. Esta UC, especificamente, ocupa uma área de quase 1.700.000 hectares, impossibilitando assim a adequada administração de toda a sua extensão por meio de uma única sede localizada na cidade de Viçosa do Ceará. Neste caso, poderiam ser criadas duas novas sedes no estado do Piauí, sendo uma na área de conservação Enclave e outra mais ao sul, na área de conservação Caatinga. Para além disso, na mesma APA poderiam também ser criadas RPPNs (Reserva Particular do Patrimônio Natural), onde através da conscientização, os moradores e os proprietários destas áreas tornar-se-iam verdadeiros protetores das suas RPPNs, preservando e mantendo uma relação mais harmônica com o meio ambiente natural. Esta medida pode ser uma valiosa ferramenta para a conservação de *A. ululata* e já encontra respaldo para a sua efetivação junto à população, uma vez que Pinto & Roberto (2011) identificaram alguns proprietários com o interesse na criação de RPPNs em suas propriedades no norte do Piauí.

- O mapa das áreas mais relevantes para a conservação de *A. ululata* identificou extensas regiões que não fazem parte das UCs existentes. Para além disso, o mapa com as regiões onde ocorreram perda de cobertura arbórea entre 2000 e 2014 identificou várias machas nas áreas mais importantes para a conservação da espécie. Deste modo, torna-se imperativa a criação de novas UCs, principalmente, nas

regiões das áreas de conservação Caatinga e Divisa. Especificamente na área de conservação Caatinga existem UCs que abrangem parte da área, mas a região sul, onde há maior quantidade de pontos de relatos e/ou registros da espécie, está completamente desprotegida. Neste caso, poderia ser criada uma Unidades de Conservação de Proteção Integral, tendo em vista a singular importância desta área para a conservação da espécie como um todo.

- A perda de cobertura arbórea entre anos de 2000 e 2014 dentro das áreas mais relevantes para a conservação de *A. ululata*, identificada neste estudo, pode estar acarretando o aumento da fragmentação do habitat da espécie. Neste sentido, é importante a realização de estudos para avaliar as condições das populações atuais isoladas em fragmentos e buscar perceber como a fragmentação pode influenciar aspectos ecológicos, comportamentais e genéticos da espécie. Para além disto, é preciso estudar a necessidade e/ou possibilidade de translocação de indivíduos para áreas maiores e/ou protegidas, avaliando a necessidade de se fazer reintrodução de populações em áreas protegidas (e.g. Parque Nacional de Ubajara ou APA Serra da Meruoca) e traçar estratégias para a reintrodução de animais apreendidos pelos órgãos de fiscalização pública.

REFERÊNCIAS (De acordo com American Psychological Association (APA))

- Aiex, R. M., Resende, M. G. C., & Ribeiro, C. C. (2002). Probability distribution of solution time in GRASP: An experimental investigation. *Journal of Heuristics*, 8(3), 343–373.
- Anderson, R. P., Lew, D., & Peterson, A. T. (2003). Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162(3), 211–232.
- Anderson, R. P., Peterson, A. T., & Gomez-Laverde, M. (2002). Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos*, 98(1), 3–16.
- Arroyo-Rodríguez, V., & Mandujano, S. (2006). Forest fragmentation modifies habitat quality for *Alouatta palliata*. *International Journal of Primatology*, 27(4), 1079–1096.
- Baldwin, R., Scherzinger, R., Lipscomb, D., Mockrin, M., & Stein, S. (2014). *Planning for Land Use and Conservation : Assessing GIS-Based Conservation Software for Land Use Planning*. Fort Collins, CO: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Balk, D. L., Deichmann, U., Yetman, G., Pozzi, F., Hay, S. I., & Nelson, A. (2006). Determining Global Population Distribution : Methods , Applications and Data. *Advances in Parasitology*, 62, 119–156.
- Bean, W. T., Stafford, R., & Brashares, J. S. (2011). The effects of small sample size and sample bias on threshold selection and accuracy assessment of species distribution models. *Ecography*, 35(3), 250–258.
- Bicca-Marques, J. C. (2003). How do Howler Cope with Habitat Fragmentation? In L. K. Marsh (Ed.), *Primates in Fragments: Ecology and Conservation* (pp. 283–303). New York, USA: Kluwer Academic/Plenum.
- Bicca-Marques, J. C., & Calegaro-Marques, C. (1994). Exotic plant species can serve as staple food sources for wild howler populations. *Folia Primatologica*, 63(4), 209–211.
- Bicca-Marques, J. C., & Calegarro-Marques, C. (1995). Ecologia alimentar do gênero *Alouatta* Lacépède, 1799 (Primates, Cebidae). *Ciência Agrônômica, Cadernos UFAC*, 3, 23–49.
- Bicca-Marques, J. C., Silva, V. M., & Gomes, D. F. (2006). Ordem Primates. In C. C. Cheida, E. Nakano-Oliveira, R. Fusco-Costa, F. Rocha-Mendes, & J. Quadros (Eds.), *Mamíferos do Brasil* (pp. 101–148). Londrina, PR: Sociedade Brasileira de Zoologia.
- Bonvicino, C. R. (1989). Ecologia e comportamento de *Alouatta belzebul* (Primates: Cebidae) na Mata Atlântica. *Revista Nordestina de Biologia*, 6(2), 149–179.
- Boyle, S. A., & Smith, A. T. (2010). Can landscape and species characteristics predict primate presence in forest fragments in the Brazilian Amazon? *Biological Conservation*, 143, 1134–1143.
- Bush, M. B., & Oliveira, P. E. D. (2006). The rise and fall of the Refugial Hypothesis of Amazonian speciation: a paleoecological perspective. *Biota Neotropica*, 6(1), 1–17.
- Calegaro-Marques, C., & Bicca-Marques, J. C. (1996). Emigration in a black howling monkey group.

- International Journal of Primatology*, 17(2), 229–237.
- Campos, F. A., & Jack, K. M. (2013). A Potential Distribution Model and Conservation Plan for the Critically Endangered Ecuadorian Capuchin, *Cebus albifrons aequatorialis*. *International Journal of Primatology*, 34(5), 899–916.
- Castelletti, C. H. M., Silva, J. M. C., Tabarelli, M., & Santos, A. M. M. (2004). Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In J. M. C. Silva, M. Tabarelli, M. T. Fonseca, & L. V Lins (Eds.), *Biodiversidade da Caatinga: Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação* (pp. 91–100). Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente.
- Ceballos, G. (1995). Vertebrate diversity, ecology, and conservation in neotropical dry forests. In S. Bullock, E. Medina, & H. Mooney (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forest* (pp. 195–220). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Chapman, C. A. (1988). Patterns of foraging and range use by three species of neotropical primates. *Primates*, 29(2), 177–194.
- Chiarello, A. C. (1994). Diet of the brown howler monkey *Alouatta fusca* in a semi-deciduous forest fragment of southeastern Brazil. *Primates*, 35(1), 25–34.
- Clarke, M. R., & Glander, K. E. (1984). Female reproductive success in a group of free-ranging howling monkeys (*Alouatta palliata*) in Costa Rica. In M. F. Small (Ed.), *Female primates: Studies by women primatologists*. (pp. 111–126). New York, USA: Alan R. Liss Inc.
- Clarke, M., Zucker, E., & Scott, N. (1986). Population trends of the mantled howler groups of La Pacifica, Guanacaste, Costa Rica. *American Journal of Primatology*, 11(1), 79–88.
- Coimbra-Filho, A. F., Câmara, I. G., & Rylands, A. B. (1995). On the geographic distribution of the red-handed howling monkey, *Alouatta belzebul*, in north-east Brazil. *Neotropical Primates*, 3(4), 176–179.
- Crockett, C. M. (1998). Conservation biology of the genus *Alouatta*. *International Journal of Primatology*, 19(3), 549–578.
- Crockett, C. M. (2003). Re-evaluating the sexual selection hypothesis for infanticide by *Alouatta* males. In C. B. Jones (Ed.), *Sexual Selection and Reproductive Competition in Primates: New Perspectives and Directions* (pp. 327–365). American Society of Primatologists.
- Damasceno, R., Strangas, M. L., Carnaval, A. C., Rodrigues, M. T., & Moritz, C. (2014). Revisiting the vanishing refuge model of diversification. *Frontiers in Genetics*, 5, 1–12.
- Drubbel, R. V., & Gautier, J. P. (1993). On the occurrence of nocturnal and diurnal loud calls, differing in structure and duration, in red howlers (*Alouatta seniculus*) of French Guyana. *Folia Primatologica*, 60(4), 195–209.
- Dunn, J. C., Cristóbal-Azkarate, J., & Veá, J. J. (2009). Differences in diet and activity pattern between two groups of *Alouatta palliata* Associated with the availability of big trees and fruit of top food taxa. *American Journal of Primatology*, 71(8), 654–662.
- Eastman, J. R. (2012). *IDRISI Selva Manual Version 17.01*. Clark University.

- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. M., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberón, J., Willians, S., Wisz, M. S., & Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129–151.
- Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 40(1), 677–697.
- Estrada, A., Anzures, D. A., & Coates-Estrada, R. (1999). Tropical rain forest fragmentation, howler monkeys (*Alouatta palliata*), and dung beetles at Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology*, 48(4), 253–262.
- Estrada, A., & Coates-Estrada, R. (1984). Fruit Eating and Seed Dispersal by Howling Monkeys (*Alouatta Palliata*) in the Tropical Rain-Forest of Los-Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology*, 6(2), 77–91.
- Estrada, A., & Coates-Estrada, R. (1988). Tropical rain forest conversion and perspectives in the conservation of wild primates (*Alouatta* and *Ateles*) in Mexico. *American Journal of Primatology*, 14(4), 315–327.
- Ferreira, J. G., Pinto, T., Fialho, M. S., & Laroque, P. O. (2016). Avaliação do Risco de Extinção de *Alouatta ululata* Elliot, 1912 no Brasil. Retrieved June 22, 2016, from <http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/estado-de-conservacao/7188-mamiferos-alouatta-ululata-guariba>
- Festl, P., & Resende, M. G. C. (2002). GRASP: An annotated bibliography. In C. C. Ribeiro & P. Hansen (Eds.), *Essays and Surveys on Metaheuristics* (pp. 325–367). Kluwer Academic Publishers.
- Fischer, D. T., & Church, R. L. (2005). The SITES reserve selection system: A critical review. *Environmental Modeling and Assessment*, 10(3), 215–228.
- Glander, K. E. (1992). Dispersal patterns in Costa Rican mantled howling monkeys. *International Journal of Primatology*, 13(4), 415–436.
- Graham, C. H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., & Peterson, A. T. (2004). New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(9), 497–503.
- Gregorin, R. (2006). Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta* Lacépède (Primates, Atelidae) no Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(1), 64–144.
- Groves, C. P. (2001). *Primate Taxonomy*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., & Tyukavina, A. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850–853.
- Hartup, B. K. (1994). Community conservation in belize: Demography, resource use, and attitudes of

- participating landowners. *Biological Conservation*, 69(3), 235–241.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978.
- Hijmans, R. J., Guarino, L., & Mathur, P. (2012). *DIVA-GIS Version 7.5 Manual*. Retrieved from <http://www.diva-gis.org>
- Hirzel, A. H., Hausser, J., & Perrin, N. (2009). Biomapper 1.0-4.0. Retrieved July 21, 2016, from <http://www2.unil.ch/biomapper/bibliography.html>
- Horwich, R. H. (1998). Effective Solutions for Howler Conservation. *International Journal of Primatology*, 19(3), 579–598.
- Julliot, C. (1996). Fruit choice by red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in a tropical rain forest. *American Journal of Primatology*, 40(3), 261–282.
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1(1), 147–155.
- Koontz, F., Horwich, R., Saqui, E., Saqui, H., Glander, K., Koontz, C., & Westrom., W. (1994). Reintroduction of black howler monkeys into the Cockscomb Basin Wildlife Sanctuary, Belize. *AZA Annual Conference Proceedings*.
- Leal, I. R., Silva, J. M. C., Tabarelli, M., & Lacher, T. E. (2005). Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, 1(1), 139–146.
- Leathwick, J., Julian, K., & Francis, M. (2006). *Exploration of the use of reserve planning software to identify potential Marine Protected Areas in New Zealand's Exclusive Economic Zone*. Department of Conservation. New Zealand.
- Leslie, H., Ruckelshaus, M., Ball, I. R., Andelman, S., & Possingham, H. P. (2003). Using siting algorithms in the design of marine reserve networks. *Ecological Applications*, 13(1), 185–198.
- Liesenfeld, M. V. A., Semir, J., & Santo, F. M. A. (2008). Seria o bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) um eficiente dispersor das sementes do caquizeiro-do-majo (*Diospyros inconstans*)? In S. F. Ferrari & J. Rimolí (Eds.), *A Primatologia no Brasil* (Vol. 9, pp. 77–93). Aracaju, SE: Sociedade Brasileira de Primatologia.
- Manel, S., Williams, H. C., & Ormerod, S. J. (2001). Evaluating presence absence models in ecology: the need to count for prevalence. *Journal of Applied Ecology*, 38(5), 921–931.
- Mares, M. A., Willig, M. R., & Lacher, T. E. (1985). The Brazilian Caatinga in South American zoogeography: tropical mammals in a dry region. *Journal of Biogeography*, 12(1), 57–69.
- Margules, C. R., & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405, 243–253.
- Marques, A. A. B., Rylands, A. B., & Schneider, M. (2008). Seed dispersal and germination by the brown howler monkey (*Alouatta guariba clamitans* Cabreira, 1940) in an area of Atlantic Forest in Southern Brazil. In S. F. Ferrari & J. Rímoli (Eds.), *A Primatologia no Brasil* (Vol. 9, pp. 109–113). Aracaju, SE: Sociedade Brasileira de Primatologia.

- Marsh, L. K., Chapman, C. A., Norconk, M. A., Ferrari, S. F., Gilbert, K. A., Bicca-Marques, J. C., & Wallis, J. (2003). Fragmentation: specter of the future or the spirit of conservation? In L. K. Marsh (Ed.), *Primates in Fragments: Ecology and Conservation* (pp. 381–398). New York, USA: Kluwer Academic.
- Mendes, S. L. (1989). Estudo Ecológico de *Alouatta Fusca* (Primates: Cebidae) na Estação Ecológica de Caratinga, MG. *Revista Nordestina de Biologia*, 6(2), 71–104.
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander Jr, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058–1069.
- Miranda, J. M. D., & Passos, F. C. (2004). Hábito alimentar de *Alouatta guariba* (Humboldt) (Primates, Atelidae) em Floresta de Araucária, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(4), 821–826.
- Miranda, J. M. D., & Passos, F. C. (2005). Composição e dinâmica de grupos de *Alouatta guariba clamitans* Cabrera (Primates, Atelidae) em Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(1), 99–106.
- MMA/IBAMA. (2011). *Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite. Acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA. Monitoramento do bioma Caatinga 2008-2009*. Retrieved from http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_tecnico_caatinga_2008_2009_72.pdf
- MMA-Ministério do Meio Ambiente. (2016a). O Bioma Cerrado. Retrieved July 14, 2016, from <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>
- MMA-Ministério do Meio Ambiente. (2016b). Sistema Nacional de Unidades Conservação - SNUC. Retrieved June 30, 2016, from <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>
- Moilanen, A. (2013). Planning impact avoidance and biodiversity offsetting using software for spatial conservation prioritisation. *Wildlife Research*, 40(2), 153–162.
- Moilanen, A., Anderson, B. J., Eigenbrod, F., Heinemeyer, A., Roy, D. B., Gillings, S., Armsworth, P. R., Gaston, K. J., & Thomas, C. D. (2011). Balancing alternative land uses in conservation prioritization. *Ecological Applications*, 21(5), 1419–1426.
- Moilanen, A., & Arponen, A. (2011). Administrative regions in conservation: Balancing local priorities with regional to global preferences in spatial planning. *Biological Conservation*, 144(5), 1719–1725.
- Moilanen, A., Franco, A. M. A., Early, R. I., Fox, R., Wintle, B., & Thomas, C. D. (2005). Prioritizing multiple-use landscapes for conservation: methods for large multi-species planning problems. *Proceedings of the Royal Society B*, 272(1575), 1885–1891.
- Moilanen, A., & Wintle, B. A. (2007). The boundary-quality penalty: A quantitative method for approximating species responses to fragmentation in reserve selection. *Conservation Biology*,

21(2), 355–364.

- Moura, A. C. de A. (2007). Primate group size and abundance in the Caatinga dry forest, northeastern Brazil. *International Journal of Primatology*, 28(6), 1279–1297.
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., & Marshak, A. L. (1995). The Interpretation of Spectral Vegetation Indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481–486.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D. R., Chan, K. M., Daily, G. C., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T. H., & Shaw, M. R. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 4–11.
- Oliveira, J. A., Gonçalves, P. R., & Bonvicino, C. R. (2003). Mamíferos da Caatinga. In I. R. Leal, M. Tabarelli, & J. M. C. Silva (Eds.), *Ecologia e Conservação da Caatinga* (pp. 275–333). Recife, PE: Editora Universitária da UFPE.
- Oliveira, M. M., Ferreira, J. G., Mota, G. L. S., & Soares, S. G. (2007). Mapeamento das áreas de ocorrência de *Alouatta ululata*-Etapa Ceará. In J. C. Bicca-Marques (Ed.), *A primatologia do Brasil* (Vol. 10, pp. 151–161). Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Primatologia.
- Oliveira, M. M., & Kierulff, M. C. M. (2008). *Alouatta ululata*. Retrieved May 24, 2016, from <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T918A13094890.en>
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., & Peterson, A. T. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34(1), 102–117.
- Phillips, S. (2008). A Brief Tutorial on Maxent. *AT&T Research*.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231–259.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distribution with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161–175.
- Pinto, L. P., & Setz, E. Z. F. (2004). Diet of *Alouatta belzebul discolor* in an amazonian rain forest of Northern Mato Grosso State, Brazil. *International Journal of Primatology*, 25(6), 1197–1211.
- Pinto, T., & Roberto, I. J. (2011). *Conservation of the Caatinga Howler Monkey, Brazil* (Vol. 1).
- Ponder, W. F., Carter, G. A., Flemons, P., & Chapman, R. R. (2001). Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conservation Biology*, 15(3), 648–657.
- Prado, D. (2003). As caatingas da América do Sul. In I. R. Leal, M. Tabarelli, & J. M. C. D. Silva (Eds.), *Ecologia e Conservação da Caatinga* (pp. 3–73). Recife, PE: Editora Universitária da UFPE.
- Pressey, R. L., Watts, M. E., Barrett, T. W., & Ridges, M. J. (2009). The C-Plan Conservation Planning System: Origins, Applications, and Possible Futures. In A. Moilanen, K. A. Wilson, & H. P. Possingham (Eds.), *Spatial conservation prioritization* (pp. 211–234). Oxford, UK: Oxford University Press.
- QGIS Development Team. (2016). QGIS Training Manual. Retrieved May 29, 2016, from

http://docs.qgis.org/2.14/en/docs/training_manual/index.html

- Rainho, A., & Palmeirim, J. M. (2013). Prioritizing conservation areas around multispecies bat colonies using spatial modeling. *Animal Conservation*, 16(4), 438–448.
- Ravosa, M. J., & Ross, C. F. (1994). Craniodental Allometry and Heterochrony in Two Howler Monkeys: *Alouatta seniculus* and *A. palliata*. *American Journal of Primatology*, 33(4), 277–299.
- Reis, A. C. de S. (1976). Clima da Caatinga. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 48(2), 325–335.
- Richard-Hansen, C., Vié, J. C., & Thoisy, B. (2000). Translocation of red howler monkeys *Alouatta seniculus* in French Guiana. *Biological Conservation*, 93(2), 247–253.
- Riley, S. J., DeGloria, S. D., & Elliot, R. (1999). A Terrain Ruggedness Index that Quantifies Topographic Heterogeneity. *Intermountain Journal of Sciences*, 5(1–4), 23–27.
- Santos, A. M. M., Cavalcanti, D. R., Da Silva, J. M. C., & Tabarelli, M. (2007). Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. *Journal of Biogeography*, 34(3), 437–446.
- Santos, G. A. S. D., Bianchini, E., & Reis, N. R. (2013). Seasonal variation of consumption of the species used as fruit source by brown howler monkeys (*Alouatta clamitans*) in southern Brazil. *Biota Neotropica*, 13(3), 148–153.
- Santos, J. C., Leal, I. R., Almeida-Cortez, J. S., Fernandes, G. W., & Tabarelli, M. (2011). Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. *Tropical Conservation Science*, 4(3), 276–286.
- Sarkar, S., Pressey, R. L., Faith, D. P., Margules, C. R., Fuller, T., Stoms, M. D., Moffett, A., Wilson, K. A., Williams, K. J., Williams, P. H., & Andelman, S. (2006). Biodiversity Conservation Planning Tools: Present Status and Challenges for the Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 123–159.
- Silva, L. A. M. (2007). *Comunidades de morcegos na Caatinga e Brejo de altitude, no agreste de Pernambuco. Tese de doutorado*. Universidade de Brasília.
- Simard, M., Pinto, N., Fisher, J. B., & Baccini, A. (2011). Mapping forest canopy height globally with spaceborne lidar. *Journal of Geophysical Research*, 116(G4), 1–12.
- Sirkiä, S., Lehtomäki, J., Lindén, H., Tomppo, E., & Moilanen, A. (2012). Defining spatial priorities for capercaillie *Tetrao urogallus* lekking landscape conservation in south-central Finland. *Wildlife Biology*, 18(4), 337–353.
- Souza, L. L., Ferrari, S. F., Costa, M. L., & Kern, D. C. (2002). Geophagy as a correlate of folivory in red-handed howler monkeys (*Alouatta belzebul*) from Eastern Brazilian Amazonia. *Journal of Chemical Ecology*, 28(8), 1613–1621.
- Souza, M. J. N., & Oliveira, V. P. V. (2006). Os Enclaves Úmidos E Sub-Úmidos Do Semi-Árido Do Nordeste Brasileiro. *Mercator*, 5(9), 85–102.
- Stockwell, D., & Peters, D. (1999). The GARP modelling system: problems and solutions to automated

- spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(2), 143–158.
- Strier, K. B. (1992). Atelinae Adaptations: Behavior Strategies and Ecological Constraints. *American Journal of Physical Anthropology*, 88(4), 515–524.
- Tabarelli, M., & Santos, A. M. M. (2004). Uma breve descrição sobre a história natural dos Brejos nordestinos. In K. C. Pôrto, J. J. P. Cabral, & M. Tabarelli (Eds.), *Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, Ecologia e Conservação* (pp. 17–24). Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente.
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., & Araújo, M. B. (2009). BIOMOD - A platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32(3), 369–373.
- Vanzolini, P. E., & Williams, E. E. (1981). The vanishing refuge: a mechanism for ecogeographic speciation. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 34(23), 251–255.
- Watts, M. E., Ball, I. R., Stewart, R. S., Klein, C. J., Wilson, K., Steinback, C., Lourival, R., Kircher, L., & Possingham, H. P. (2009). Marxan with Zones: Software for optimal conservation based land- and sea-use zoning. *Environmental Modelling and Software*, 24(12), 1513–1521.
- Wilson, K. A., Cabeza, M., & Klein, C. J. (2009). Fundamental Concepts of Spatial Conservation Prioritization. In A. Moilanen, K. A. Wilson, & H. P. Possingham (Eds.), *Spatial conservation prioritisation* (pp. 16–27). New York, USA: Oxford University Press.
- Zomer, R. J., Bossio, D. A., Trabucco, A., Yuanjie, L., Gupta, D. C., & Singh, V. P. (2007). *Trees and Water: Smallholder Agroforestry on Irrigated Lands in Northern India. IWMI Research Report 122*. Colombo, LKA: International Water Management Institute.
- Zomer, R. J., Trabucco, A., Bossio, D. A., & Verchot, L. V. (2008). Climate change mitigation: A spatial analysis of global land suitability for clean development mechanism afforestation and reforestation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126(1), 67–80.

ANEXOS



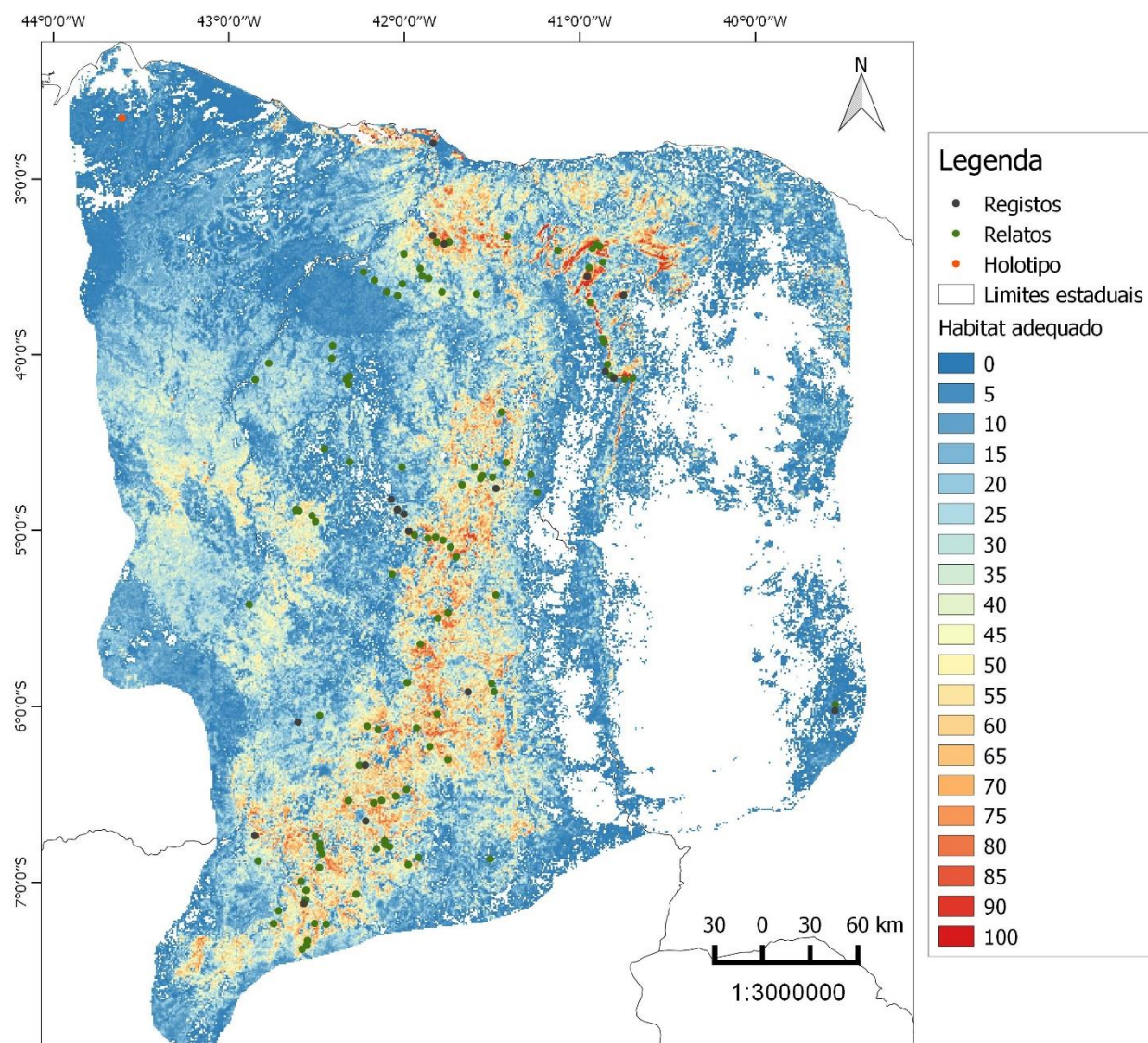
Anexo 1 - Típica moradia do semiárido cearense



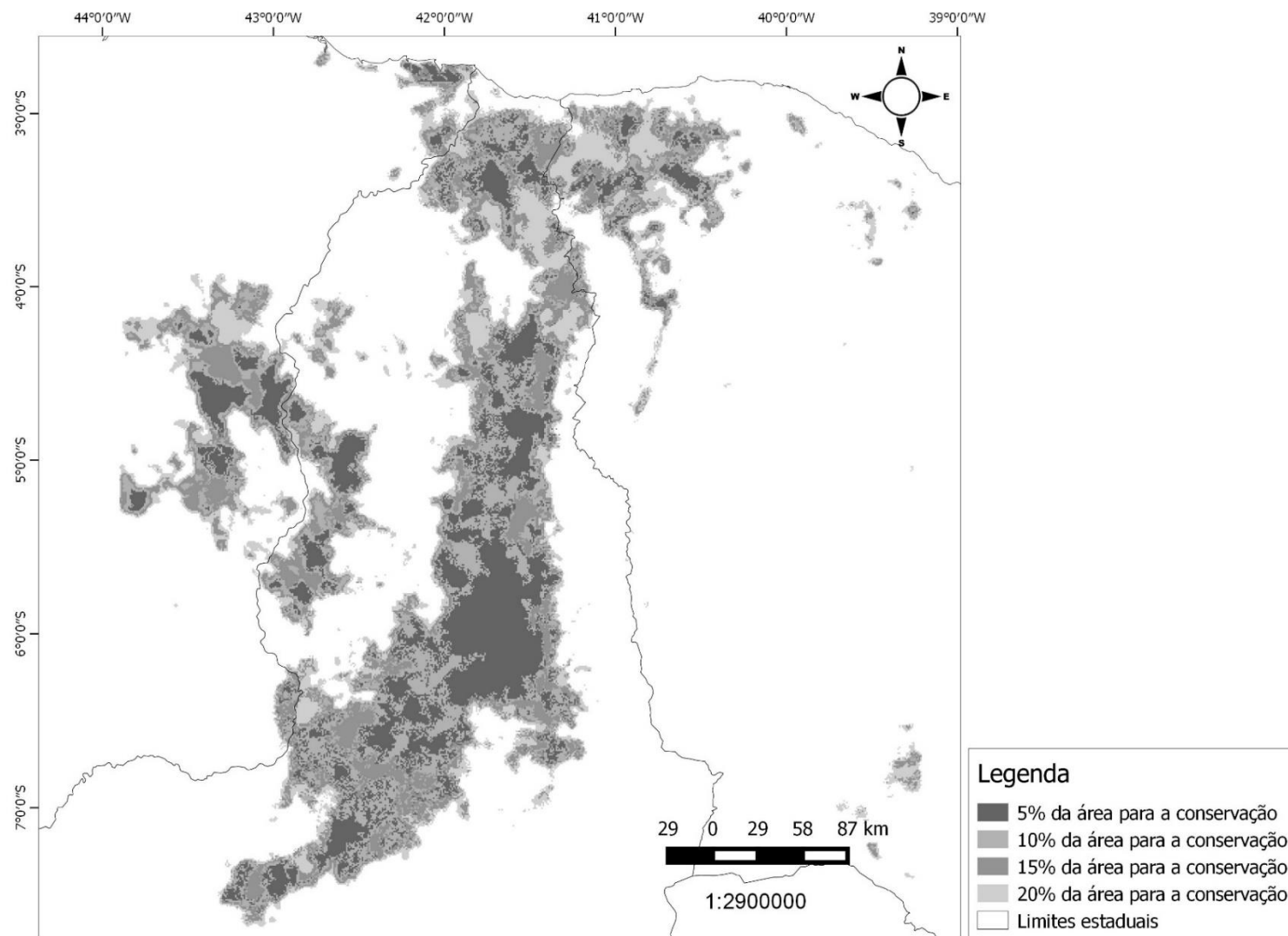
Anexo 2 - Alouatta ululata na natureza



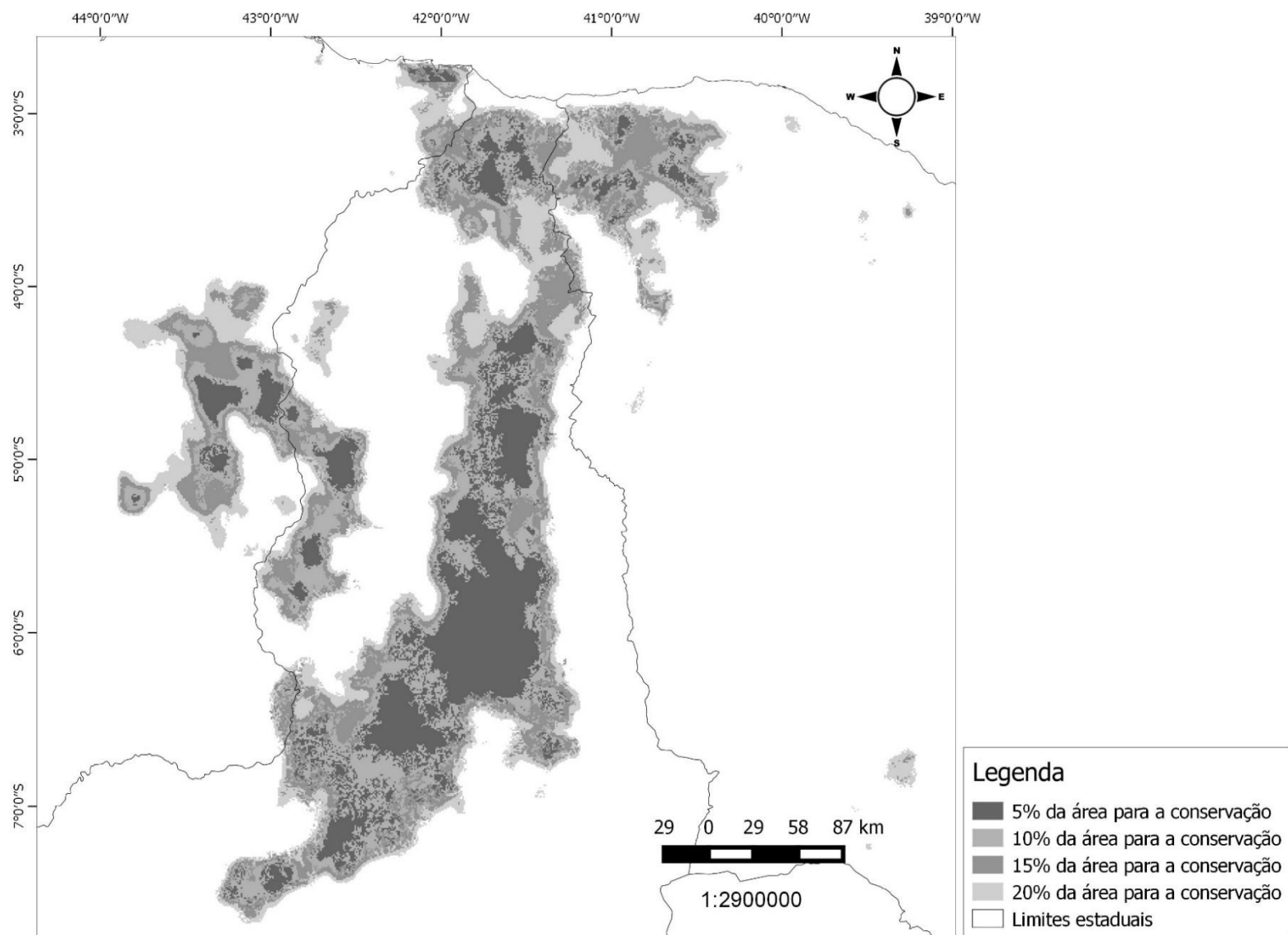
Anexo 3 - Mapa do Brasil com os limites de cada bioma brasileiro



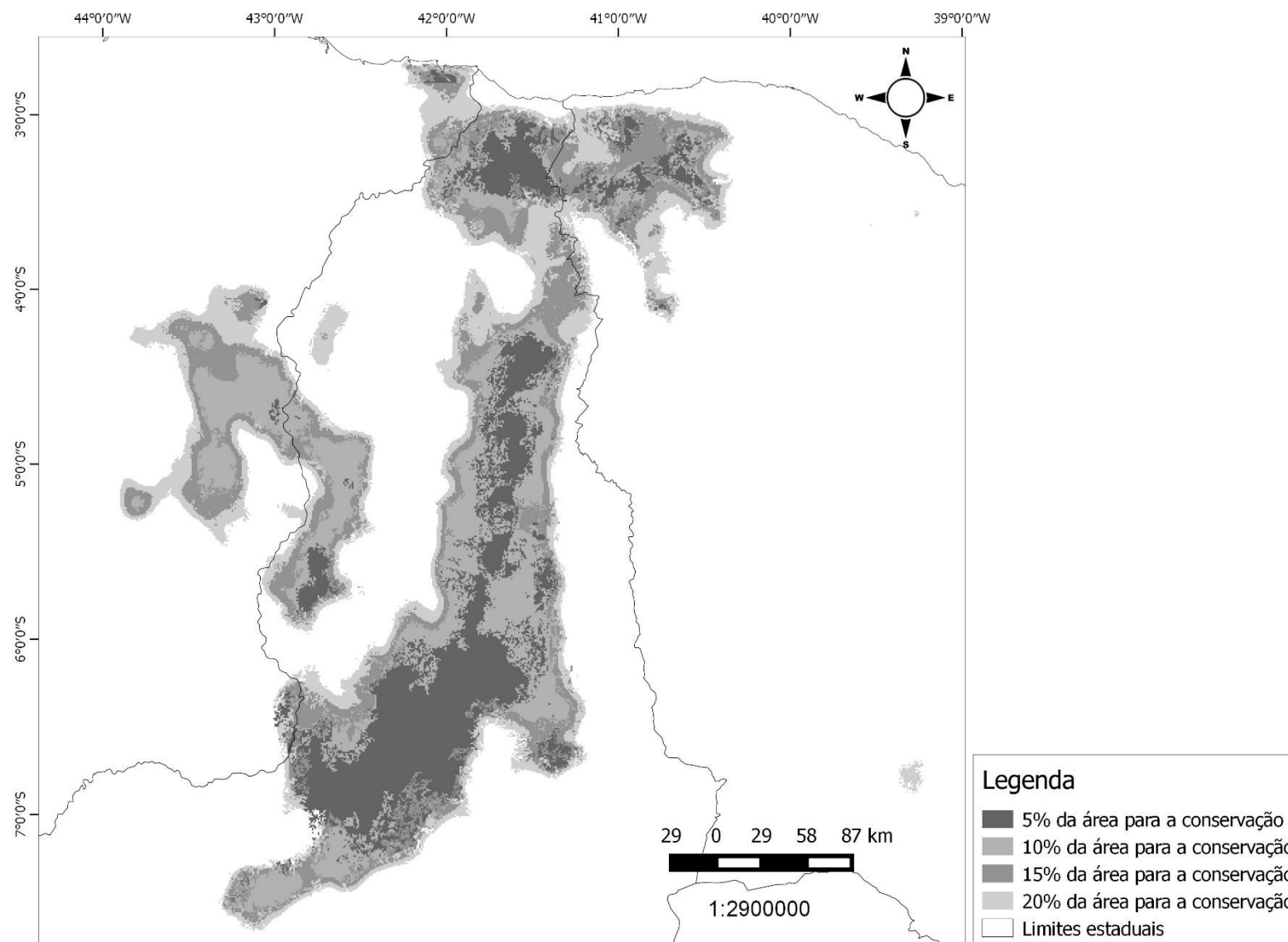
Anexo 4 - Mapa resultante das análises do Maxent, demonstrando quais áreas apresentam melhores habitats para a espécie em uma escala de 0 a 100%



Anexo 5 - Mapa das principais áreas para a conservação de *Alouatta ululata* com grau de dispersão de 3 km.



Anexo 6 - Mapa das principais áreas para a conservação de *Alouatta ululata* com grau de dispersão de 6 km.



Anexo 7 - Mapa das principais áreas para a conservação de *Alouatta ululata* com grau de dispersão de 9 km.